



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

LUIZ FERNANDO RAMOS SILVA

**RELAÇÃO ENTRE MATURAÇÃO BIOLÓGICA COM A  
FADIGA E O DANO MUSCULAR EM JOVENS  
FUTEBOLISTAS**

---

Londrina  
2020

LUIZ FERNANDO RAMOS SILVA

**RELAÇÃO ENTRE MATURAÇÃO BIOLÓGICA COM A  
FADIGA E O DANO MUSCULAR EM JOVENS  
FUTEBOLISTAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física UEM/UEL do Centro de Educação Física e Esporte da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do Título de Mestre em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Enio Ricardo Vaz Ronque

Londrina  
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Ramos-Silva, Luiz Fernando.

Relação entre maturação biológica com a fadiga e o dano muscular em jovens futebolistas / Luiz Fernando Ramos-Silva. - Londrina, 2020.  
114 f. : il.

Orientador: Enio Ricardo Vaz Ronque.

Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esportes, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2020.  
Inclui bibliografia.

1. Jogadores de futebol - Tese. 2. Crescimento - Tese. 3. Fadiga muscular - Tese. 4. Dano muscular - Tese. I. Ronque, Enio Ricardo Vaz. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esportes. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III. Título.

CDU 796

LUIZ FERNANDO RAMOS SILVA

**RELAÇÃO ENTRE MATURAÇÃO BIOLÓGICA COM A FADIGA E O  
DANO MUSCULAR EM JOVENS FUTEBOLISTAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física UEM/UEL do Centro de Educação Física e Esporte da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do Título de Mestre em Educação Física.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Enio Ricardo Vaz Ronque  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Donizete Cícero Xavier de Oliveira  
Universidade Federal do Triângulo Mineiro -  
UFTM

---

Prof. Dr. Raul Osiecki  
Universidade Federal do Paraná - UFPR

Londrina, 13 de novembro de 2020.

*Dedico este trabalho à honra e glória de Deus Pai,  
à Nossa Senhora Aparecida, à São Miguel Arcanjo,  
aos meus amigos de infância e professores da querida Sertaneja-PR  
que por mim tanto torcem e me querem bem;*

*Em especial à minha família  
Meu Pai Nelson Domingos da Silva  
Minha Mãe Denise Bernadete Ramos Silva  
Minha Namorada e Companheira Geovana Caldena Frederico  
Meu Irmão Helyson Carlos Ramos Silva  
Minha Cunhada Thainara Mendes Ramos  
Meus Sobrinhos Helena e Daniel  
E demais familiares da grande árvore genealógica.*

*Sou eternamente grato  
por toda a força, apoio e oportunidades durante estes  
importantes anos de dedicação aos estudos até aqui.*

***Esta tão aguardada conquista não é minha,  
e sim Nossa.***

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Prof. Dr. Enio Ricardo Vaz Ronque, não somente pela constante orientação neste trabalho, mas também por conduzir com maestria nosso grupo de jovens investigadores, durante os inúmeros desafios da caminhada no ambiente de formação acadêmico-científico que o projeto “Relação entre maturação biológica, desempenho técnico-tático e indicadores de fadiga muscular em jovens futebolistas” nos trouxe. Professor, o seu acolhimento, a atenção, a paciência e seus sinceros direcionamentos foram e são fundamentais para a execução com êxito de cada ideia neste projeto. Mas, especialmente gostaria de registrar aqui que a amizade que construímos e a confiança por você depositada em mim professor, foi e é de fundamental importância para a minha vida pessoal. Levarei sempre comigo o sentimento de Gratidão por ti professor. MUITÍSSIMO Obrigado!

Agradeço a todos os professores do programa de Pós-graduação em Educação Física Associado UEM/UEL, em especial aos professores Dr. Felipe Arruda Moura, Dr. Rafael Deminice, aos professores companheiros de laboratório Dr. Marcelo Romanzini e Dra. Catiana Leila Possamai Romanzini, por estarem sempre dispostos a auxiliarem com seus valiosos conhecimentos e precioso tempo em diversas atividades deste projeto.

Aos professores Dr. Raul Osiecki e Dr. Donizete Cícero Xavier de Oliveira, por aceitarem prontamente a participação e desafio de comporem esta banca. Grandes docentes e pesquisadores. Agradeço o olhar cuidadoso em cada ponto de contribuição neste trabalho e com minha formação acadêmica. O meu sincero muito obrigado!

Aos companheiros de projeto Prof. Ms. Paulo Henrique Borges e Prof. Ms. Julio Cesar da Costa, agradeço pela verdadeira Amizade, companheirismo e pelo conhecimento compartilhado durante este desafio em nossas vidas. Quanta coisa aprendi e aprendo com vocês rapazes!

Gostaria também de agradecer aos amigos do Laboratório de Atividade Física e Saúde e do Programa de Pós-Graduação, pela importantíssima contribuição em

cada fase de execução deste projeto e pelas valiosas trocas de conhecimentos. André Oliveira Werneck, Amanda Costa, Camila Panchoni, Camila Padilha, Cynthia Correa Lopes Barbosa, Daniel Zanardini Fernandes, Leonardo Alex Volpato, Lidyane Zambrin, João Pedro Nunes, Maria Raquel de Oliveira Bueno, Mariana Biagi, Mileny Caroline de Freitas, Nicolau Melo, Paola Cella, Philippe Bovo Guirro, Poliana Camila Marinello, Sandra Cavalli, Vinicius Muller Reis Weber, Vitor Bertoli Nascimento, William Sartorelli. Vocês são Show! Deus Abençoe!!

Ao CNPq e a CAPES, órgãos de extrema importância para a execução deste projeto, auxiliando com a concessão de bolsas de estudo e aporte financeiro recebido para a realização das coletas. E ao Programa de Pós-graduação em Educação Física Associado UEM/UEL e a Universidade Estadual de Londrina pela formação de alta qualidade a qual recebi.

Aos atletas pela dedicação e empenho em todas as avaliações, aos pais dos atletas, aos dirigentes, diretores, treinadores, preparadores físicos e demais membros dos *staffs* do Londrina Esporte Clube e PSTC, por confiarem e abrirem o espaço para a realização deste projeto.

E a todos que contribuíram de forma direta ou indireta, o meu muito obrigado.

**“Senhor, tu és nosso refúgio, SEMPRE, de geração em geração”**

**Salmo 90**

RAMOS-SILVA, Luiz Fernando. **Relação entre maturação biológica com a fadiga e o dano muscular em jovens futebolistas**. 2020. 110 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar a relação entre a maturidade óssea com os indicadores de dano muscular e fadiga muscular, em resposta a uma partida de futebol de forma aguda e residual em jovens futebolistas. A amostra foi composta por 44 jovens futebolistas ( $13,3 \pm 1,0$  anos;  $161,1 \pm 12,0$  cm;  $49,9 \pm 10,8$  kg) pertencentes às categorias Sub-13 e Sub-15 de dois clubes de futebol da cidade de Londrina-PR. Foram coletados dados de variáveis antropométricas (massa corporal, estatura), de composição corporal (densidade corporal, gordura corporal e massa livre de gordura (MLG)), estimativa da idade óssea (IO), informações sobre carga interna e externa durante as partidas (padrão de deslocamento, *body load*, frequência cardíaca, percepção subjetiva de esforço). As variáveis de fadiga muscular (saltos contra movimento (CMJ) e *squat* (SQJ)), dano muscular (creatina quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH)) e dor muscular de início tardio (DOMS) foram coletadas pré partida e até 72h após a partida. Os resultados mostraram que não foi identificado a presença da fadiga muscular nos indicadores avaliados, independentemente do status de maturidade ( $P > 0,05$ ). Por outro lado, foi verificada a ocorrência de dano muscular e da DOMS, sendo de maior intensidade no grupo Precoce ( $P < 0,05$ ) e de maior duração no grupo Tardio ( $P < 0,05$ ). Além disso, o dano muscular foi afetado por 24h e a DOMS por até 72h ( $P < 0,05$ ). Apenas na categoria Sub-13 houve associação da IO e da MLG com o dano e a DOMS, no momento imediatamente após a partida (0h). A maior IO explicou em 56% o comportamento da CK ( $\beta = 0,56$ ;  $R^2=0,56$ ;  $P < 0,05$ ) e em 45% o comportamento da DOMS ( $\beta = 0,63$ ;  $R^2=0,45$ ;  $P < 0,05$ ), enquanto com a MLG a explicação foi de 45% no comportamento da DOMS ( $\beta = 0,87$ ;  $R^2=0,45$ ;  $P < 0,05$ ). Adicionalmente foi observado que na categoria Sub-15 o dano muscular permaneceu elevado por 24h e a DOMS por 48h ( $P < 0,05$ ), enquanto na categoria Sub-13 o dano muscular elevou-se apenas no momento 0h ( $P < 0,05$ ) e a DOMS foi impactada por até 72h após a partida ( $P < 0,05$ ). Portanto conclui-se que a maturidade óssea mostrou relação significativa com o dano muscular e com a DOMS somente nos futebolistas da categoria Sub-13 após uma partida.

**Palavras-chave:** Futebol. Crescimento. Desempenho Atlético. Creatina Quinase. Lactato Desidrogenase. Mialgia.

RAMOS-SILVA, Luiz Fernando. **Relationship between biological maturation with fatigue and muscular damage in young soccer players.** 2020. 110 p. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## ABSTRACT

The objective of this work was to verify the relationship of skeletal maturity on indicators of muscle damage and the indicators of muscle fatigue, in response acute and residual to a soccer match in young soccer players. The sample consisted of 44 young soccer players ( $13,3 \pm 1,0$  years;  $161,1 \pm 12,0$  cm;  $49,9 \pm 10,8$  kg) belonging to the categories U-13 and U-15 of two soccer clubs in city of Londrina-PR. Were collected data about anthropometric variables (body mass, height), body composition (body density, body fat and fat-free mass (FFM)), skeletal age (SA), and information about internal and external load during matches (displacement pattern, *body load*, heart rate, rating of perceived exertion). The variables of muscle fatigue (Counter-Movement Jump (CMJ) and Squat Jump (SQJ)), muscle damage (creatine kinase (CK) and lactate dehydrogenase (LDH)) and delayed onset muscle soreness (DOMS) were collected pre-match and up to 72h after match. The results showed that there no was found muscle fatigue according to indicators evaluated after the match, regardless of maturity status ( $P > 0,05$ ). In other hand, was verified the occurrence of muscle damage and DOMS, with greater impact intensity in the Early maturity group ( $P < 0,05$ ), but of longer duration in the Late group ( $P < 0,05$ ). Therefore, the muscle damage was affected for 24h and DOMS up to 72h ( $P < 0,05$ ). Only in the U-13 category there was significant association between SA and FFM with muscle damage and DOMS, which was in the moment immediately after the match (0h). The highest SA explained CK's behavior in 56% ( $\beta = 0,56$ ;  $R^2=0,56$ ;  $P < 0,05$ ) and DOMS's behavior in 45% ( $\beta = 0,63$ ;  $R^2=0,45$ ;  $P < 0,05$ ), while with FFM the explanation was 45% in DOMS's behavior ( $\beta = 0,87$ ;  $R^2=0,45$ ;  $P < 0,05$ ). Additionally, it was observed that in the U-15, muscle damage remained affected up to 24h and DOMS up to 48h, ( $P < 0,05$ ), while in U-13 category, muscle damage increased only at moment 0h ( $P < 0,05$ ) and DOMS was impacted up to 72h after the match ( $P < 0,05$ ). Therefore, it is concluded that skeletal maturity showed a significant relationship with muscle damage and with DOMS only in young soccer in the U-13 category.

**Keywords:** Soccer. Growth. Athletic Performance. Creatine Kinase. L-Lactate Dehydrogenase. Myalgia.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b>	Diagrama do processo de seleção dos artigos .....	22
<b>Figura 1.2</b>	Frequência de estudos nos temas relacionados à fadiga muscular e ao dano muscular em jovens futebolistas .....	23
<b>Figura 2.1</b>	Desenho experimental .....	34
<b>Figura 2.2</b>	Exemplo de estágios de ossificação do radio .....	35
<b>Figura 3.1</b>	Desenho experimental .....	43
<b>Figura 4.1</b>	Desenho experimental .....	68
<b>Figura 4.2</b>	Comportamento dos indicadores de dano muscular e da DOMS em resposta à partida nas categorias Sub-13 e Sub-15...	74

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 3.1</b>	Características descritivas da amostra, estratificadas por amostra geral e grupos de maturidade .....	46
<b>Tabela 3.2</b>	Variáveis de carga externa da partida, estratificadas por amostra geral e grupos de maturidade .....	48
<b>Tabela 3.3</b>	Variáveis de carga interna da partida, estratificadas por amostra geral e grupos de maturidade .....	49
<b>Tabela 3.4</b>	Comportamento dos indicadores de fadiga muscular e de dano muscular estratificadas por grupos de maturidade nos diferentes momentos em resposta à partida (Média; $\pm$ Erro Padrão; $\Delta\%$ Delta Percentual).....	50
<b>Tabela 3.5</b>	Comportamento da DOMS estratificadas por grupos de maturidade nos diferentes momentos em resposta à partida (Média; $\pm$ Erro Padrão).....	51
<b>Tabela 4.1</b>	Características descritivas e comportamento dos indicadores de dano muscular e da DOMS, estratificadas em amostra geral e por categorias (n = 44) .....	72
<b>Tabela 4.2</b>	Variáveis de carga interna e externa da partida, estratificadas por amostra geral e por categorias de jogo (n = 44). .....	73
<b>Tabela 4.3</b>	Correlações entre a idade óssea e variáveis de tamanho corporal com indicadores de dano muscular e DOMS nas categorias Sub-13 (n=28) e Sub-15 (n=16).....	75
<b>Tabela 4.4</b>	Regressão linear entre a idade óssea e variáveis de tamanho corporal com indicadores de dano muscular e DOMS na categoria Sub13 (n = 16).....	77
<b>Tabela 4.5</b>	Regressão linear entre tamanho corporal e a DOMS na categoria Sub15 (n = 28).....	78

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALT	Alanina Amino transferase
AST	Aspartato Amino transferase
BPM	Batimentos Por Minuto
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCI	Coeficiente de Correlação Intraclasse
CK	Creatina Quinase
CMJ	Em inglês: Counter-Movement Jump, em português: Salto Vertical com Contra Movimento
DOMS	Em inglês: Delayed Onset Muscle Soreness, ou em português DMIT: Dor Muscular de Início Tardio
ECA	Estatuto da Criança e do Adolescente
FC	Frequência Cardíaca
FIFA	Federação Internacional de Futebol
GEE	Em inglês: Generalized Estimating Equations, ou em português EEG: Equações de Estimativas Generalizadas
GEPAFE	Grupo de Estudo e Pesquisa em Atividade Física e Exercício
GH	Em inglês: Growth Hormone, ou em português HC: Hormônio do Crescimento
GPS	Em inglês: Global Positional System, em português: Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Idade Cronológica
IGF1	Em inglês: Insuline-like Growth Factor-1, em português: Fator de Crescimento Semelhante à Insulina Tipo 1
IGF2	Em inglês: Insuline-like Growth Factor-2, em português: Fator de Crescimento Semelhante à Insulina Tipo 2
IO	Idade Óssea
LAC	Lactato
LDH	Lactato Desidrogenase
LEC	Londrina Esporte Clube
MB	Mioglobina
MLG	Massa Livre de Gordura

PFK	Fosfofrutoquinase
PSE	Percepção Subjetiva de Esforço
PSTC	Paraná Soccer Technical Center
PVC	Pico de Velocidade do Crescimento
SQJ	Em inglês: Squat Jump, em português: Salto Vertical Partindo da Posição Agachada
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TNF- $\alpha$	Em inglês: Tumor Necrosis Factor Alpha; em português: Fatores de Necrose Tumoral Alfa
TW3	Método Tanner White-House 3
U.A.	Unidades Arbitrárias
UR	Umidade Relativa

## SUMÁRIO

	<b>CAPÍTULO 1</b> .....	15
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1	O PROBLEMA E SUA RELEVÂNCIA .....	15
1.2	REVISÃO DA LITERATURA .....	20
1.2.1	Fadiga Muscular .....	23
1.2.2	Dano Muscular .....	26
1.2.3	A Influência da Maturação Biológica na Fadiga e no Dano Muscular em Jovens Futebolistas .....	29
1.2.4	Considerações Finais da Revisão da Literatura .....	31
1.3	OBJETIVOS E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	31
	<b>CAPÍTULO 2</b> .....	32
<b>2</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	32
2.1	DESENHO DO ESTUDO .....	32
2.1.1	Sujeitos.....	32
2.2	ORGANIZAÇÃO DA COLETA DE DADOS.....	33
2.3	VARIÁVEIS DO ESTUDO .....	34
2.3.1	Antropometria e Composição Corporal.....	34
2.3.2	Idade Cronológica e Idade Óssea .....	35
2.3.3	Avaliação Odontológica .....	36
2.3.4	Fadiga Muscular .....	36
2.3.5	Padrão de Deslocamento e Frequência Cardíaca .....	36
2.3.6	Percepção Subjetiva do Esforço.....	38
2.3.7	Dor Muscular de Início Tardio (DOMS).....	38
2.3.8	Indicadores de Dano Muscular .....	38
2.4	CONTROLE DE QUALIDADE DE DADOS.....	39
2.5	TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	39
	<b>CAPÍTULO 3</b> .....	40
<b>3</b>	<b>ARTIGO ORIGINAL</b> .....	40

3.1	INFLUÊNCIA DA MATURIDADE ÓSSEA SOBRE INDICADORES DE FADIGA MUSCULAR E DE DANO MUSCULAR APÓS UMA PARTIDA EM JOVENS FUTEBOLISTAS.....	40
	<b>CAPÍTULO 4</b> .....	66
4	<b>ARTIGO ORIGINAL</b> .....	66
4.1	RELAÇÃO ENTRE O TAMANHO CORPORAL E DA IDADE ÓSSEA COM OS INDICADORES RELACIONADOS AO DANO MUSCULAR EM JOVENS FUTEBOLISTAS.....	66
	<b>CAPÍTULO 5</b> .....	86
5	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	86
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	88
	<b>APÊNDICES</b> .....	99
	APÊNDICE A Ficha de coleta de dados .....	100
	APÊNDICE B Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	101
	APÊNDICE C Escala de Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) – Adaptada de Foster et al. (2001).....	103
	APÊNDICE D Escala de Percepção de DOMS.....	104
	<b>ANEXOS</b> .....	105
	ANEXO A Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina .....	106

## CAPÍTULO 1

### 1 INTRODUÇÃO

#### 1.1 O PROBLEMA E SUA RELEVÂNCIA

O futebol é uma das modalidades com maior popularidade entre a população mundial, dados apontam que existam aproximadamente 265 milhões de praticantes ao redor do mundo (FIFA, 2006), sendo entre jovens brasileiros a modalidade mais praticada (IBGE, 2017). Essas informações, corroboram com a grande presença de crianças e adolescentes envolvidos com a prática do futebol visando à profissionalização atlética, o que dentre outros fatores, têm levado clubes a fazerem investimentos financeiros significativos no desenvolvimento de jovens futebolistas (SARMENTO et al., 2018; UNNITHAN et al., 2012).

Visto que estes jovens participam rotineiramente de treinamentos sistematizados e de competições de alto nível, a pesquisa científica tem buscado contribuir com a formação do corpo de conhecimento a respeito do jovem futebolista no ambiente do treino (SARMENTO et al., 2018; UNNITHAN et al., 2012), especialmente durante o período da adolescência, o qual é marcado por altas taxas de transformações nos órgãos e estruturas corporais provenientes do progresso da maturação biológica (COELHO-E-SILVA et al., 2010; MALINA et al., 2015; MALINA; BOUCHARD; BAR-OR, 2009).

A maturação biológica ocorre em diferentes ritmos (Tempo) ocasionando os mesmos eventos biológicos em momentos diferentes (*Timing*) entre indivíduos da mesma faixa etária cronológica. Usualmente a classificação dos indivíduos em diferentes estágios de maturidade biológica é realizada levando em consideração a idade cronológica (IC), podendo ser descrita em três categorias, Precoce (idade biológica > um ano da IC), No Tempo (idade biológica na variação de um ano da IC) e Tardio (idade biológica < um ano da IC) (MALINA et al., 2005, 2010), tornando assim característico a este período uma grande variabilidade de tamanho corporal entre os indivíduos. Além disso, também é atribuído à maturação biológica, grande influência sobre o aumento e diferenças no desempenho físico de atletas adolescentes (COELHO-E-SILVA et al., 2010; MALINA et al., 2015).

Assim, em função da referida variabilidade corporal durante a adolescência, nota-se o crescente desenvolvimento de investigações envolvendo jovens futebolistas, acerca das possíveis influências desta variabilidade sobre as dimensões comportamentais (COELHO-E-SILVA et al., 2010; CUMMING et al., 2018), cognitivas (ALBUQUERQUE et al., 2019; SCHARFEN; MEMMERT, 2019), técnicas (GOUVEA et al., 2017; GOUVEA et al., 2016), táticas (AQUINO et al., 2016a, 2016b; BORGES et al., 2017, 2018a; RECHENCHOSKY et al., 2017) e de desempenho físico (AQUINO et al., 2018, 2016b; BORGES et al., 2018b).

Neste sentido, a literatura tem apontado que o desempenho físico durante a prática do futebol pode sofrer influência do processo de maturação biológica, ao passo que, indivíduos em estágio de maturidade avançada apresentam maior massa corporal, estatura, força e potência muscular, além de serem mais rápidos quando comparado a seus pares (COELHO-E-SILVA et al., 2010; MALINA et al., 2010, 2015), ocasionando momentânea vantagem competitiva em tarefas que demandam alta intensidade de movimentações (ASADI et al., 2018; BORGES et al., 2018b; COELHO-E-SILVA et al., 2010; GOUVEA et al., 2016). Ademais, a maturação biológica parece também influenciar nas demandas de carga externa durante uma partida, à medida que jovens futebolistas avançados em maturidade atingem maiores picos de velocidade e maior quantidade de ações de corrida em alta intensidade, quando comparado a seus pares menos maduros (BUCHHEIT; MENDEZ-VILLANUEVA, 2014).

Independentemente da maturidade, quando considerado o desempenho físico tem-se observado que existe grande demanda física durante as partidas de jovens futebolistas (PETTERSEN; BRENN, 2019; VIEIRA et al., 2019a), em média na faixa etária de 13 a 18 anos jovens futebolistas percorrem cerca de 6,5 a 8,8km, sendo destes, aproximadamente 1,2 a 2,2 km em elevada intensidade (BUCHHEIT, 2010), proporcionando ainda a ocorrência de grande impacto sobre variáveis inerciais, como por exemplo a *body load*, a qual é expressa através da somatória de todas as acelerações resultantes do vetor magnitude de acelerômetros portáteis (eixos X, Y e Z) (ARRUDA et al., 2015; GONÇALVES et al., 2013; VIGH-LARSEN; DALGAS; ANDERSEN, 2018) e comumente jovens futebolistas em partidas competitivas atingem e permanecem em faixas acima dos 80% da frequência cardíaca máxima (ALEXANDRE et al., 2012; MENDEZ-VILLANUEVA et al., 2013).

Visto que a alta intensidade está presente durante diversos estímulos

realizados em uma partida ou em sessões de treinamento, observa-se assim o surgimento da fadiga muscular (NÉDÉLEC et al., 2012; SILVA et al., 2018; VIEIRA et al., 2019a) e do dano muscular (BRANCACCIO; LIPPI; MAFFULLI, 2010; NÉDÉLEC et al., 2012; PEAKE et al., 2017; VIEIRA et al., 2019a). Por sua vez, estes estão associados às atividades de deslocamento, como por exemplo, corridas em alta velocidade e mudanças de direção, bem como nas solicitações mecânicas das contrações musculares concêntricas e excêntricas, realizadas abruptamente para o aumento e para a diminuição da velocidade. (AQUINO et al., 2016b; BRANCACCIO; LIPPI; MAFFULLI, 2010; FITZPATRICK et al., 2019a; NÉDÉLEC et al., 2012; PEAKE et al., 2017; ROMAGNOLI et al., 2016; VIEIRA et al., 2019a)

A fadiga muscular pode ser definida e caracterizada como, a alteração da atividade contrátil do músculo esquelético, a qual gera redução e falha na capacidade máxima de produção de força e potência (KENT-BRAUN; FITTS; CHRISTIE, 2012; NÉDÉLEC et al., 2012; VØLLESTAD, 1997), associado ao processo de fadiga está o dano muscular, que por sua vez é definido e caracterizado como uma ruptura muscular estrutural, a qual provoca degeneração do sarcômero, lesões na linha Z e o rompimento de fibras (BANFI; LOMBARDI; LUBKOWSKA, 2012; OWENS et al., 2019; PEAKE et al., 2017; ROWLAND, 2008), estando vinculado a dor muscular de início tardio (DOMS), edemas, redução da amplitude de movimento, prejuízos na produção de força, proliferação de células satélites e a liberação de proteínas biomarcadoras de dano muscular (BANFI; LOMBARDI; LUBKOWSKA, 2012; BRANCACCIO et al., 2008; BRANCACCIO; LIPPI; MAFFULLI, 2010; BRANCACCIO; MAFFULLI; LIMONGELLI, 2007; NÉDÉLEC et al., 2012; OWENS et al., 2019; PEAKE et al., 2017; SILVA et al., 2018)

Embora alguns estudos em décadas passadas indicarem que crianças e adolescentes demonstram ser baixo ou mesmo não ser respondedoras à atividade de indicadores de dano muscular após realizarem exercícios fatigantes, (DUARTE et al., 1999; SOARES et al., 1996; WEBBER et al., 1989), uma grande quantidade de estudos envolvendo futebolistas dessa população, indicam que a atividade dos indicadores de dano muscular é elevada em diferentes condições de esforços físicos (ANDRZEJEWSKI et al., 2008; ANDRZEJEWSKI; CHMURA, 2008; AQUINO et al., 2016b; ATASHAK; JAFARI, 2012; BANDEIRA et al., 2012; DE NARDI et al., 2011; DE STE CROIX et al., 2019; DEVRNJA; MATKOVIĆ, 2018; HAMMOUDA et al., 2012b, 2013a, 2013b, 2011, 2012a; RICO-SANZ et al., 1999; ROWSELL et al.,

2009; SHIMI et al., 2016; WIACEK et al., 2011).

De modo geral o avançar da idade cronológica, parece influenciar a magnitude da fadiga muscular e do dano muscular em resposta ao exercício físico intenso, uma vez que, estudos com pré-adolescentes, adolescentes e adultos, apontam que adolescentes e adultos, tendem a apresentar maior fadiga muscular e maiores concentrações de indicadores de dano muscular do que seus pares mais jovens (DUARTE et al., 1999; RATEL; MARTIN, 2015; SILVA et al., 2007; SOARES et al., 1996; SWAMINATHAN; HO; DONNAN, 1988; WEBBER et al., 1989).

Este fato, pode estar associado às diversas diferenças morfológicas e fisiológicas existentes entre crianças, adolescentes e adultos (ROWLAND, 2008), as quais refletem alterações provocadas pela interação entre aumento da idade cronológica e o progresso da maturação biológica. Tais diferenças podem gerar implicações diretas para a fadiga muscular e indiretas na concentração de indicadores de dano muscular circulantes, uma vez que a capacidade glicolítica aumenta com a progressão da idade cronológica e da maturação biológica, sendo explícita principalmente pela atividade da enzima fosfofrutoquinase (PFK) (ERIKSSON, 1980; ERIKSSON; SALTIN, 1974; RATEL; DUCHÉ; WILLIAMS, 2006; ROWLAND, 2008).

Ademais, isto contribui para a racionalidade de que a quantidade sérica de indicadores de dano muscular possam ser afetados após o esforço físico, como no caso das enzimas lactato desidrogenase (LDH) e creatina quinase (CK), pois são bioquimicamente dependentes das vias metabólicas de produção de energia. Assim, visto a menor eficiência da via glicolítica em indivíduos bioquimicamente imaturos (ERIKSSON, 1980; ERIKSSON; SALTIN, 1974; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016; RATEL; DUCHÉ; WILLIAMS, 2006; ROWLAND, 2008), infere-se que as enzimas catalisadoras LDH e CK as quais também são utilizadas como indicadores de dano muscular (BRANCACCIO et al., 2010) possam naturalmente ser encontradas em maior concentração em indivíduos biologicamente avançados.

Adicionalmente, acredita-se que o tempo de depuração e de liberação da CK possa ser diferente em comparação ao dos adultos, sendo mais rápido (ROWLAND, 2008; RICO-SANZ et al., 1999; WEBBER et al., 1989), e que estes desfechos podem guardar relação com a retirada progressiva da proteção fisiológica, a qual altera fatores periféricos e centrais durante o período da puberdade (RATEL; MARTIN, 2015). Além disso, pode ser que exista uma relação com o aumento do

peso corporal e com a alta força gerada nas contrações musculares por unidade de área da fibra muscular durante o exercício (AQUINO et al., 2016b; BANDEIRA et al., 2012; DEVRNJA; MATKOVIĆ, 2018; WEBBER et al., 1989).

Deste modo, a combinação entre as altas demandas das partidas (BUCHHEIT, 2010; PETTERSEN; BRENN, 2019; VIEIRA et al., 2019a) e as diferenças físicas provocadas pelo processo de maturação, parecem tornar dificultoso o gerenciamento das rotinas de treinamento (AQUINO et al., 2016b; BUCHHEIT et al., 2011; DE STE CROIX et al., 2019; MALINA et al., 2010, 2015) e podem contribuir para uma potencial relação entre o aumento da vulnerabilidade às lesões durante o crescimento e o progresso da maturação biológica (BASTOS et al., 2013; BULT; BARENDRECHT; TAK, 2018; VAN DER SLUIS et al., 2014). Além disso, a fadiga muscular (RATEL; DUCHÉ; WILLIAMS, 2006; RATEL; MARTIN, 2015), o tempo necessário para a recuperação do estado de equilíbrio homeostático após uma tarefa física intensa (BUCHHEIT et al., 2011; DE STE CROIX et al., 2019) e a percepção aguda de DOMS após uma partida de futebol (DE STE CROIX et al., 2019), levam a hipótese de que a maturação pode influenciar os processos supracitados.

Contudo, ainda não está claro como jovens futebolistas de diferentes estágios maturacionais respondem as demandas internas e externas impostas por uma partida de futebol, sobretudo, no que diz respeito à fadiga muscular aguda e residual durante os dias subsequentes a uma partida. Atualmente, tem sido proposto que o tempo necessário para a recuperação após uma partida de futebol, parece estar em torno de 48h a  $\geq 72$ h (DOEVEN et al., 2018; SILVA et al., 2018). Porém, essas informações são baseadas em indivíduos adultos, o que pode não contemplar aspectos e processos biológicos importantes, inerentes a faixa etária da adolescência.

Ademais, os desenhos experimentais aplicados não permitem verificar o tempo necessário para a completa recuperação do estado de equilíbrio homeostático da fadiga e do dano muscular, em jovens futebolistas de diferentes status de maturidade. Salienta-se a necessidade de informações que busquem entender este problema, possibilitando a maior individualização sobre o gerenciamento das rotinas de treinamento e da dinâmica da recuperação após uma partida. Visto as possíveis implicações no desempenho físico relacionadas a

maturação biológica (BUCHHEIT, 2010; COELHO-E-SILVA et al., 2010; MALINA et al., 2010, 2015).

Assim, a hipótese do estudo é que indivíduos com status de maturidade avançada, sofrem maiores impactos fisiológicos agudos e residuais em resposta a uma partida de futebol e conseqüentemente necessitam de maior tempo para a recuperação do estado de equilíbrio homeostático, quando comparado a seus pares menos maduros.

Deste modo, este estudo tem o propósito de verificar a relação entre a maturidade óssea com os indicadores de dano muscular e fadiga muscular em resposta a uma partida de futebol de forma aguda e residual em jovens futebolistas.

## 1.2 REVISÃO DA LITERATURA

Estudos têm buscado entender o comportamento da fadiga aguda e residual e do dano muscular relacionados as rotinas de treinamento, a períodos específicos da temporada e após a partidas de futebol (ALLOUI et al., 2013; DE STE CROIX et al., 2019; FITZPATRICK et al., 2019a; KUNZ et al., 2019; NÉDÉLEC et al., 2013; OLIVEIRA; FRISSELLI; DEMINICE, 2019; OLIVER; ARMSTRONG; WILLIAMS, 2008; SHIMI et al., 2016). Contudo, existem poucas informações abordando esta temática em jovens futebolistas, especialmente quando levado em consideração a influência do processo de maturação biológica sobre tais desfechos.

Deste modo, objetivando entender melhor os desfechos de fadiga e dano muscular em jovens futebolistas, bem como, o comportamento e a interação com o processo da maturação biológica durante o período final da infância à adolescência, um único pesquisador realizou buscas nas seguintes bases de dados: *Scielo*, *LILACs*, *PUBMED/Medline*, *SCOPUS*, *SPORTDiscus* e *Web of Science*.

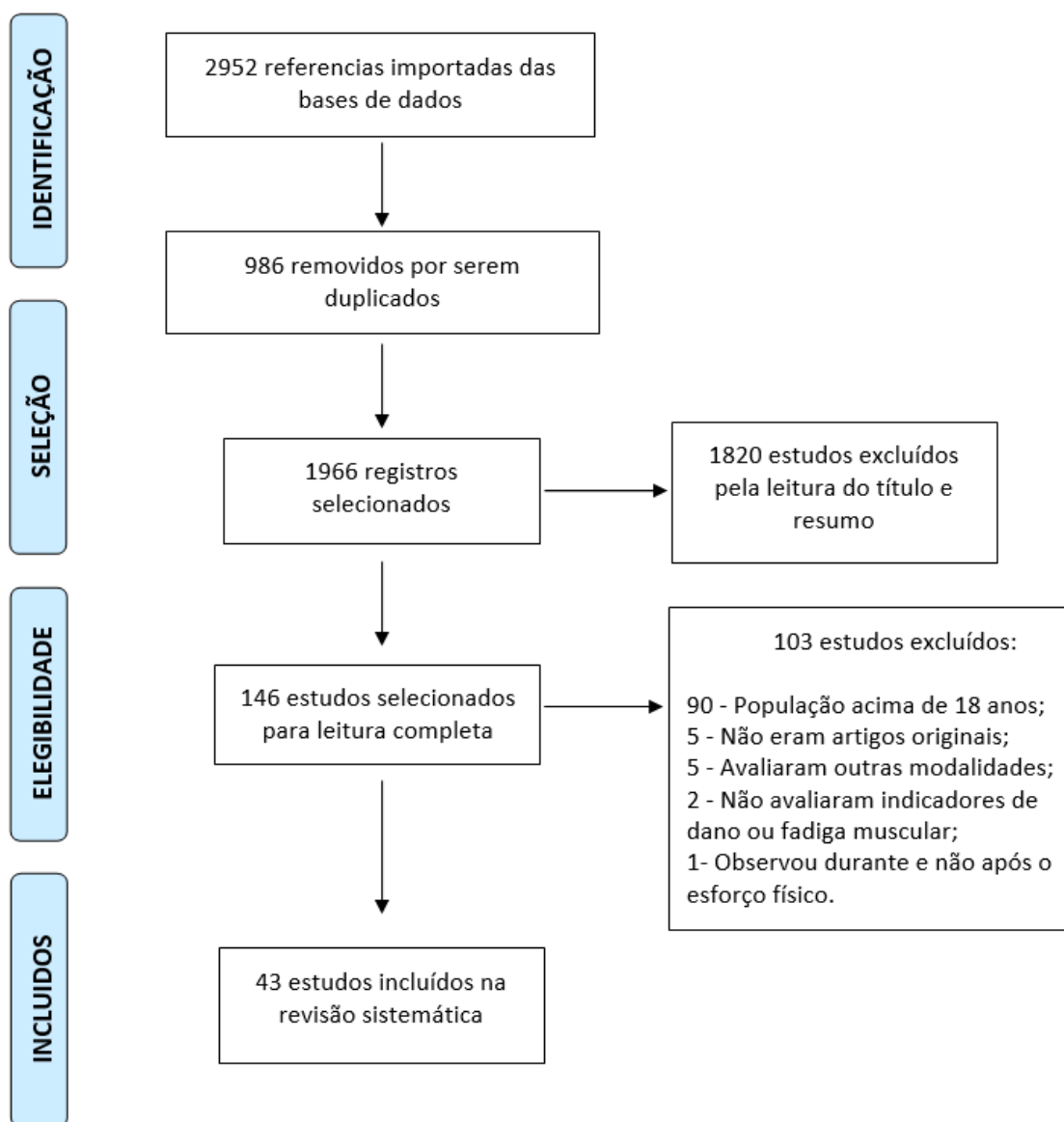
Como estratégia de busca foram utilizadas as seguintes palavras-chave com os operadores booleanos: ("Soccer" OR "Soccers" OR "Football" OR "Youth Sports" OR "Team Sports" OR "Athletic Performance" OR "Tactical performance" OR "Displacement patterns" OR "Match-related") AND ("Recovery of Function" OR "fatigue" OR "Muscle fatigue" OR "Neuromuscular fatigue" OR "Muscle damage" OR "Creatine Kinase" OR "aspartate aminotransferase" OR "alanine aminotransferase" OR "Creatine Kinase, MM Form" OR "L-Lactate Dehydrogenase" OR "Lactate Dehydrogenase" OR "lactate dehydrogenase 5" OR "Biomarkers" OR "Aspartate

*Aminotransferases*” OR “*Aspartate Aminotransferase*” OR “*Mitochondrial Aspartate Aminotransferase*” OR “*Cytoplasmic Aspartate Aminotransferase*” OR “*Alanine Transaminase*” OR “*Alanine Aminotransferase*” OR “*Myoglobin*”) AND (“*Young Athlete*” OR “*Athletes*” OR “*Young*” OR “*Adolescent*” OR “*Adolescents*” OR “*Teens*” OR “*Youth*” OR “*Child*” OR “*Growth*” OR “*Biological Maturation*” OR “*Maturity*” OR “*Puberty*” OR “*Maturity Status*” OR “*Bone Maturation*” OR “*Bone age*” OR “*Sexual Maturation*” OR “*Somatic Maturation*”) NOT (“*Diseases*” OR “*Illness*” OR “*Concussion*” OR “*Cardiac Rehabilitation*” OR “*Resistance Training*” OR “*Strength Training*” OR “*netball*” OR “*Rugby*” OR “*Handball*” OR “*Volleyball*” OR “*Basketball*” OR “*Baseball*” OR “*Cricket*” OR “*Hockey*” OR “*Combat sports*” OR “*Kickboxing*” OR “*Beach*” OR “*Swim*” OR “*Bike*”), e nas plataformas nacionais adotou-se as mesmas palavras-chave traduzidas para o português, abrangendo os artigos publicados desde o início da base até a data de 01/08/2019, além disso, foram utilizados os filtros: linguagem, humanos, masculino, idade até 18 anos e artigos originais.

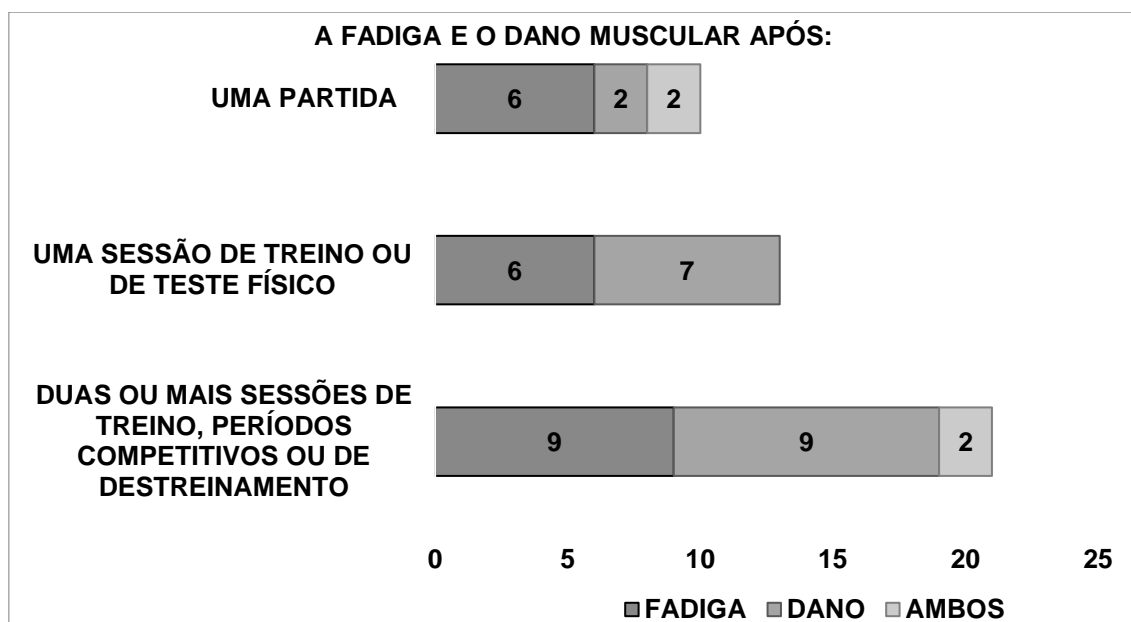
Foram adotados os seguintes critérios de seleção: I) ser artigo original, II) estar apresentado nos idiomas, inglês, espanhol ou português III) ter investigado a modalidade futebol; IV) ter investigado atletas do sexo masculino com idade até 18 anos; V) Não ser artigo de revisão ou revisão sistemática. Foram localizados 2952 artigos nas bases de dados (Figura 1.1). A leitura dos artigos foi realizada por dois pesquisadores (L.F.R-S; V.M.R.W). Após a exclusão dos artigos duplicados e a leitura dos títulos e resumos foram obtidos um total de 43 artigos para esta revisão.

Para melhor análise do tema, os artigos foram divididos de acordo com a verificação dos desfechos de fadiga muscular e/ou dano muscular, bem como pelos momentos nos quais os estudos foram realizados. Assim, foram divididos em três temas (Figura 1.2), sendo eles: 1) A fadiga e o dano muscular após uma sessão de treino ou teste físico; 2) A fadiga e o dano muscular após duas ou mais sessões de treino, períodos competitivos ou de destreinamento; 3) A fadiga e o dano muscular após uma partida. Dentre os 43 estudos selecionados, 30,2% pertenciam ao tema um, 46,5% ao tema dois e 23,3% ao tema três.

Figura 1.1. Diagrama do processo de seleção dos artigos.



**Figura 1.2.** Frequência de estudos nos temas relacionados à fadiga muscular e ao dano muscular em jovens futebolistas.



Uma síntese dos trabalhos foi realizada, deste modo, a presente revisão da literatura abordou informações obtidas através de testes funcionais e de análises sanguíneas e histológicas, sobre os indicadores de fadiga e de dano muscular, em decorrência de partidas amistosas e competitivas, bem como da prática de testes físicos e da realização de exercícios presentes na rotina de treinamento de jovens futebolistas. Dentre as informações abordadas, foram relatadas também, as possíveis influências do crescimento, do tamanho corporal e da maturação biológica sobre o dano e a fadiga muscular.

### 1.2.1 Fadiga Muscular

Dos 43 estudos encontrados, 58% avaliaram a presença da fadiga muscular, em decorrência do esforço físico, com a utilização de diversos testes funcionais de campo. Os testes mais utilizados foram os que avaliaram o desempenho em saltos e em *sprints* com cerca de 60% dos estudos utilizando-se destes protocolos.

Nos 12 estudos que utilizaram de protocolos de desempenho em saltos, sete apontaram para a presença da fadiga muscular após o esforço físico, seja após uma partida, uma sessão de treinamento ou após um período competitivo (ALOUÍ et al., 2013; DE STE CROIX et al., 2019; FITZPATRICK et al., 2019a; KINUGASA; KILDING, 2009; NÉDÉLEC et al., 2013; OLIVER; ARMSTRONG; WILLIAMS, 2008;

SHIMI et al., 2016). Dentre estes estudos, foi avaliado também o tempo de recuperação necessário após o esforço físico através do desempenho do salto, observando que o desempenho no teste de salto foi menor quando realizado imediatamente após o esforço físico (DE STE CROIX et al., 2019; KINUGASA; KILDING, 2009; NÉDÉLEC et al., 2013; OLIVER; ARMSTRONG; WILLIAMS, 2008; SHIMI et al., 2016) e que o desempenho pode permanecer prejudicado por até 24 horas após o esforço físico (FITZPATRICK et al., 2019a; NÉDÉLEC et al., 2013). Os principais fatores apontados para este comportamento são, a queda na capacidade de produzir força pelos membros inferiores em estado de fadiga e a associação de atividades contendo mudanças de direção, aceleração e desaceleração de velocidade com o dano muscular e o atraso no processo de recuperação (FITZPATRICK et al., 2019a).

Outros nove estudos observaram a fadiga muscular através da utilização do protocolo de desempenho nos testes de *sprints* e observaram comportamento similar ao do desempenho no teste de saltos. Três estudos encontraram queda estatisticamente significativa no desempenho do teste após a realização de esforços físicos, sendo dois estudos após uma partida (ARAÚJO et al., 2019; DJAOUI et al., 2016) e um durante o acompanhamento de uma temporada competitiva (NOON et al., 2015). Araújo et al., (2019) observaram a fadiga muscular imediatamente após a partida, no entanto não foram realizados testes posteriores. Djaoui et al., (2016) aplicaram o protocolo de *sprints* após 24h e 48h de uma partida e encontram que o desempenho permaneceu prejudicado em até 24h após o teste. Em um estudo longitudinal, Noon et al., (2015) constataram que durante uma temporada competitiva, o desempenho de *sprints* tende a diminuir na metade e na parte final da temporada, indicando que a presença da fadiga muscular tende a aumentar durante um período prolongado de treinamento e competição.

Dois estudos buscaram observar os fatores protetivos sobre a fadiga muscular detectada por meio do teste de *sprints*. Spigolon et al., (2017) mostraram benefícios nos testes de *sprints* através da utilização de treinamentos funcionais e neuromusculares, pois, estes promovem a melhora da capacidade funcional e adaptações musculares positivas para o desempenho de *sprints* gerando proteção contra a fadiga muscular. Enquanto que Rizal; Segalita e Mahmudino (2019) apontaram que a suplementação alimentar a base de suco de melancia também gera um fator protetivo contra a fadiga, uma vez que esta fruta contém componentes

nutricionais, como os carboidratos e a citrulina, que promovem a disponibilidade e captação de glicose, a melhora na respiração celular, na oxidação e na acidose muscular. Os demais estudos não apresentaram queda ou melhora no desempenho de *sprints* como medida funcional da fadiga muscular (DE NARDI et al., 2011; NÉDÉLEC et al., 2013; ROWSELL et al., 2009; SHIMI et al., 2016).

Outros estudos utilizaram-se de protocolos como o pico de torque isocinético, equilíbrio postural, força reativa, rigidez muscular, variáveis de atividade neuromuscular, o desempenho em corrida intermitente e até mesmo o desempenho de corrida em partida sequente, para avaliar a fadiga muscular em resposta ao esforço físico.

Destes estudos, a fadiga muscular foi encontrada em três dos seis estudos que utilizaram do protocolo de pico de torque isocinético, estes constataram a presença da fadiga imediatamente após o esforço físico (NÉDÉLEC et al., 2013; WOLLIN; THORBORG; PIZZARI, 2017), em 24h (NÉDÉLEC et al., 2013; WOLLIN; THORBORG; PIZZARI, 2017, 2018) e em 48h após o esforço físico (WOLLIN; THORBORG; PIZZARI, 2018). Em relação ao equilíbrio postural, a fadiga foi identificada em três dos quatro estudos, assim, Yamada et al., (2012) por meio de uma avaliação em plataforma de estabilidade constataram a presença da fadiga imediatamente após meia partida, Pau et al., (2016) utilizando de avaliação em plataforma de pressão, encontraram a fadiga imediatamente após uma partida e em 24h após o esforço. Fitzpatrick et al., (2019) constataram a fadiga por meio do equilíbrio postural durante a corrida. Dos quatro estudos que buscaram observar a presença da fadiga muscular através do protocolo de corrida intermitente, dois verificaram a presença, sendo que um encontrou imediatamente após o esforço (ALLOUI et al., 2013) e o segundo em até 24h após a última sessão de treinamento posterior a um período de duas semanas de treinamento (FITZPATRICK et al., 2019a).

Outras variáveis com menor utilização para avaliação da fadiga muscular foram encontradas na presente revisão. Oliver et al., (2014) e Rojas-Valverde et al., (2019) encontraram fadiga muscular ao avaliarem a rigidez muscular, respectivamente nos momentos imediatamente após o esforço físico e imediatamente após um período de uma semana de treinamento para uma competição. Foi encontrada também presença da fadiga muscular através de medidas da contração muscular imediatamente após o esforço físico, sendo após

um teste simulando uma partida (OLIVER et al., 2014), após uma partida (DE STE CROIX et al., 2019) e após um período de uma semana de treinamento (ROJAS-VALVERDE et al., 2019). Além disso, Buchheit et al., (2011) encontraram a presença da fadiga muscular ao verificar a queda do desempenho de corrida no segundo jogo de uma série de dois jogos com curto período de recuperação.

As informações obtidas nessa revisão da literatura apontam especialmente para a utilização dos testes de saltos como ferramenta para observar a fadiga muscular após o esforço físico de jovens futebolistas entre os 11 e os 18 anos (ALOUÏ et al., 2013; DE STE CROIX et al., 2019; FITZPATRICK et al., 2019a; KINUGASA; KILDING, 2009; NÉDÉLEC et al., 2013; OLIVER; ARMSTRONG; WILLIAMS, 2008; SHIMI et al., 2016). Deste modo, o surgimento e a detecção da fadiga muscular em atividades de salto após o esforço físico parece sofrer influência principalmente de fatores como a alta intensidade das ações físicas (DE NARDI et al., 2011; MALONE et al., 2015; NOON et al., 2015), a realização das corridas de alta intensidade (DE STE CROIX et al., 2019), a grande demanda do metabolismo anaeróbio e o recrutamento de fibras de contração rápida (SHIMI et al., 2016) prejudicando o ciclo de encurtamento e estiramento muscular presente na execução do salto.

Coletivamente, os estudos indicam que a fadiga muscular está presente seja após uma partida, uma sessão de treinamento, uma sessão de teste físico ou após um período competitivo. Entretanto, as informações disponíveis até o momento ainda são inconclusivas e não esclarecem qual o tempo necessário para a completa recuperação do estado de equilíbrio muscular homeostático em resposta ao esforço físico.

### 1.2.2 Dano Muscular

Vinte e dois estudos avaliaram o dano muscular por meio de indicadores circulantes após o esforço físico em jovens futebolistas, sendo que as informações ainda são contraditórias. A presença de dano muscular foi encontrada em 77,3% dos estudos através da elevada atividade de indicadores circulantes, quando comparado as concentrações de pré e pós esforço físico. No entanto, outros cinco estudos encontraram melhoras nas concentrações circulantes dos indicadores de dano muscular, apontando para a diminuição na concentração circulante. Esta melhora foi

associada a fatores como o destreinamento promovido pelo período de férias (AMIGÓ et al., 1998), à metodologia de treinamento técnico e tático que promove eficiência nas atividades de jogo (AQUINO et al., 2016a), às adaptações estruturais e de condicionamento da musculatura esquelética (ANDELKOVIĆ et al., 2015; AQUINO et al., 2016a) e aos benefícios metabólicos nutricionais com o uso de suplementação baseada em sésamo (BARBOSA et al., 2017) e polifenóis de cacau (CAVARRETTA et al., 2018).

Dentre os indicadores de dano muscular, a CK e a LDH foram os mais utilizados para observar o dano muscular seja após uma partida, uma sessão de treinamento ou após um período competitivo, estando presentes em 22 e 18 estudos, respectivamente. Outros marcadores como a AST e a ALT também foram utilizados em outros seis estudos, seguidos pela Mb em três estudos e o LAC em dois estudos.

Dos estudos que buscaram analisar o comportamento dos indicadores de dano muscular 12 observaram aumentos na quantidade de CK circulante imediatamente após o esforço físico (ALLOUI et al., 2013; AQUINO et al., 2016b; BANDEIRA et al., 2012; DE STE CROIX et al., 2019; DEVRNJA; MATKOVIĆ, 2018; HAMMOUDA et al., 2011, 2012a, 2012b, 2013a; 2013b; RICO-SANZ et al., 1999; SHIMI et al., 2016), e seis estudos registraram aumentos durante e ao final de um período prolongado de acompanhamento (ANDRZEJEWSKI et al., 2008; ANDRZEJEWSKI; CHMURA, 2008; ATASHAK; JAFARI, 2012; DE NARDI et al., 2011; ROWSELL et al., 2009; WIACEK et al., 2011).

Ao analisar o comportamento da LDH, encontrou-se aumentos nas concentrações deste biomarcador imediatamente após o esforço físico em nove estudos (ALLOUI et al., 2013; AQUINO et al., 2016b; DE STE CROIX et al., 2019; DEVRNJA; MATKOVIĆ, 2018; HAMMOUDA et al., 2011, 2012a, 2012b, 2013a; 2013b) e em cinco estudos a LDH esteve aumentada em resposta aos esforços físicos realizados durante e ao final de um período prolongado (ANDRZEJEWSKI et al., 2008; ANDRZEJEWSKI; CHMURA, 2008; ATASHAK; JAFARI, 2012; ROWSELL et al., 2009; WIACEK et al., 2011). Em quatro estudos os indicadores AST e ALT aumentaram sua concentração imediatamente após o esforço (DEVRNJA; MATKOVIĆ, 2018; HAMMOUDA et al., 2011, 2012a, 2012b) enquanto que os marcadores MB e LAC foram encontrados elevados apenas em um e dois estudos,

respetivamente (DEV RNJA; MATKOVIĆ, 2018; SHIMI et al., 2016), sendo em ambos imediatamente após a partida.

As informações encontradas nesta revisão indicam que independente do momento em que ocorram e permaneçam os aumentos nas quantidades circulantes dos supracitados indicadores de dano muscular, estes estão principalmente relacionados a fatores como a alta exigência metabólica e mecânica da tarefa física, pois, considerando que estes indicadores estão originalmente localizados nas mitocôndrias e no citosol da célula e são incapazes de atravessar a membrana plasmática, a combinação entre a alta intensidade e a duração do exercício físico, gera elevada mecânica da contração muscular, o que por sua vez, leva a micro lesões no tecido muscular ativo, fazendo com que ocorram mudanças estruturais e também na permeabilidade da membrana, levando ao extravasamento destes indicadores para o meio extra celular (ANDRZEJEWSKI et al., 2008; ANDRZEJEWSKI; CHMURA, 2008; AQUINO et al., 2016b, 2016a; BANDEIRA et al., 2012; DEV RNJA; MATKOVIĆ, 2018; HAMMOUDA et al., 2013b, 2011, 2012b, 2012a, 2013a; RICO-SANZ et al., 1999; ROWSELL et al., 2009; SHIMI et al., 2016; WIACEK et al., 2011).

Além destes, outros fatores também são apontados como causadores e influenciadores do aumento no dano muscular, dentre estes estão a mecânica da contração excêntrica (AQUINO et al., 2016b; BANDEIRA et al., 2012; DEV RNJA; MATKOVIĆ, 2018), a realização do contato físico entre os atletas (DEV RNJA; MATKOVIĆ, 2018), o aumento da temperatura corporal e a acrofase durante o período da tarde na concentração dos indicadores (HAMMOUDA et al., 2011, 2012a, 2012b, 2013b), a natureza metabólica e mecânica do treinamento físico de velocidade (ANDRZEJEWSKI et al., 2008; ANDRZEJEWSKI; CHMURA, 2008; WIACEK et al., 2011) o aumento na concentração celular da CK por meio do uso de suplementos a base de creatina (ATASHAK; JAFARI, 2012), além dos indicadores de carga externa aumentados como a velocidade média, o número de *sprints* realizados, o tempo gasto em corridas de alta intensidade, a distância percorrida em altas velocidades e a distância total percorrida (AQUINO et al., 2016b).

Visto a evidente presença do dano muscular imediatamente após o esforço físico, verificados principalmente pelo comportamento dos indicadores CK e LDH, nota-se que dentre os estudos encontrados nesta revisão, as informações a respeito do tempo necessário para a recuperação são ainda pouco exploradas e

inconclusivas, sendo necessário acompanhar os indicadores de dano muscular durante períodos mais longos do que imediatamente após a partida, pois, estes marcadores podem atingir seu pico em momentos posteriores a este (DE STE CROIX et al., 2019). Destaca-se ainda a necessidade de melhor análise de variáveis de carga interna e externa, determinantes para a magnitude do dano muscular (AQUINO et al., 2016b; DE STE CROIX et al., 2019).

### 1.2.3 A Influência da Maturação Biológica na Fadiga e no Dano Muscular em Jovens Futebolistas

Apenas dois estudos da presente revisão observaram as influências da maturação biológica, ainda que somática, sobre a fadiga muscular (BUCHHEIT et al., 2011; DE STE CROIX et al., 2019) e sobre o dano muscular (DE STE CROIX et al., 2019). Encontrou-se a presença da fadiga e do dano muscular imediatamente após uma partida (DE STE CROIX et al., 2019), bem como, a presença da fadiga muscular durante uma sequência de duas partidas jogadas dentro de 48h (BUCHHEIT et al., 2011).

Buccheit et al., (2011) observaram a influência da maturidade somática (Pico de Velocidade do Crescimento - PVC) e do efeito de uma intervenção de recuperação, baseada em sauna, imersão em água fria e hidromassagem, sobre a fadiga muscular verificada por meio do desempenho de corrida entre partidas consecutivas em uma amostra de jovens futebolistas ( $14,4 \pm 0,4$  anos) durante um período de 48h. Os autores levantaram a hipótese de que os atletas mais velhos cronologicamente apresentariam maior impacto fisiológico negativo sobre o desempenho de corrida no jogo seguinte, e que devido a isso possivelmente teriam maiores chances de se beneficiar da intervenção do que seus pares.

Foram compostos três grupos de atletas e duas partidas dentro de 48h foram realizadas por eles. Apenas um grupo realizou a intervenção, sendo este o grupo Pós-PVC, e outros dois grupos não realizaram a intervenção e foram considerados grupos controle, consistindo em um grupo Pré-PVC e um Pós-PVC. Ao final da segunda partida foi em geral observada fadiga muscular nos dois grupos Pós-PVC, sendo minimizada no grupo Pós-PVC que recebeu a intervenção, através da “possível melhora” no desempenho de *sprint*, enquanto o grupo Pré-PVC, mesmo não recebendo a intervenção, não apresentou fadiga muscular e teve seu

desempenho de corrida melhorado, corroborando parcialmente com a hipótese inicial, visto que o grupo de intervenção não obteve melhora significativa nos indicadores de desempenho de corrida e o grupo biologicamente mais jovem (Pré-PVC) parece ter sofrido menor impacto fisiológico da primeira partida.

Por sua vez, De Ste Croix et al., (2019) verificaram o efeito de uma partida sobre indicadores de fadiga e de dano muscular em grupos de maturidade somática Pré-PVC e Pós-PVC. Os autores, encontraram a presença da fadiga muscular e do dano muscular, uma vez que, foi encontrada queda nos parâmetros de contração muscular e aumento nas concentrações de CK e LDH, imediatamente após a partida, em toda a amostra, sem diferença entre os grupos de maturidade.

Deste modo, o comportamento da fadiga muscular claramente está presente após o esforço físico (BUCHHEIT et al., 2011; DE STE CROIX et al., 2019), e parece que indivíduos biologicamente mais novos podem apresentar certa proteção contra a fadiga muscular induzida por uma partida (BUCHHEIT et al., 2011). As informações apontam também, que indivíduos Pós-PVC se beneficiam dos efeitos fisiológicos protetivos contra a fadiga muscular, os quais são associados a estratégias de intervenção, potencializando a recuperação, sendo estes, a vasodilatação, vasoconstrição, redução da necrose celular, diminuição do edema e migração de neutrófilos (BUCHHEIT et al., 2011). Além disso, parece que independentemente do estágio da maturidade biológica somática o dano muscular está presente em resposta ao esforço físico em jovens futebolistas (DE STE CROIX et al., 2019).

Contudo, embora o método de maturação somática empregado por estes estudos para a avaliação da maturação biológica, seja de fácil aplicação, visto seu baixo custo e pouco invasivo (MALINA et al., 2012, 2015), sua utilização pode não ser a melhor para se classificar os diferentes estágios de maturidade biológica de jovens futebolistas, pois, este método possui limitações para diferenciar os atletas dentro de um *continuum* da maturidade biológica, além de ser baseado em amostras com características étnicas específicas (MALINA et al., 2012). Nota-se também, que o desenho dos estudos encontrados nesta revisão não permite verificar o tempo necessário para a completa recuperação do estado de equilíbrio homeostático da fadiga e do dano muscular, e a conclusiva causalidade do comportamento destas variáveis.

#### 1.2.4 Considerações Finais da Revisão da Literatura

Visto os resultados encontrados nesta revisão, está clara a presença da fadiga muscular e do dano muscular em decorrência do esforço físico em jovens futebolistas. No entanto, as informações disponíveis são ainda pouco exploradas e inconclusivas, não esclarecendo por quanto tempo o comportamento da fadiga e do dano muscular permanecem alteradas, bem como, qual a influência do processo de maturação biológica e do crescimento físico no comportamento da fadiga e do dano muscular em jovens futebolistas durante o período da adolescência.

#### 1.3 OBJETIVOS E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação seguiu a apresentação no modelo escandinavo sendo desenvolvido por meio da redação de dois artigos científicos. Os artigos científicos foram oriundos de uma pesquisa conduzida nos anos de 2018 e 2019, pelo Grupo de Estudo e Pesquisa em Atividade Física e Exercício (GEPAFE) da Universidade Estadual de Londrina.

O objetivo geral foi verificar a relação entre a maturidade óssea com os indicadores de dano muscular e fadiga muscular em resposta a uma partida de futebol de forma aguda e residual em jovens futebolistas. Para tanto, foram realizados dois artigos científicos, com características de complementariedade, a serem submetidos em periódicos indexados pela CAPES. Os títulos dos artigos científicos, bem como seus respectivos objetivos são os seguintes:

**Artigo 1:** Influência da maturidade óssea sobre indicadores de fadiga muscular e dano muscular após uma partida em jovens futebolistas.

**Objetivo:** Comparar o impacto de uma partida de futebol sobre indicadores relacionados à fadiga e ao dano muscular em jovens futebolistas de diferentes status de maturidade.

**Artigo 2:** Relação entre o tamanho corporal e a idade óssea com os indicadores relacionados ao dano muscular em jovens futebolistas.

**Objetivo:** Verificar a relação entre indicadores de tamanho corporal e a idade óssea com o comportamento do dano muscular e da DOMS, após uma partida nas categorias Sub-13 e Sub-15.

## CAPÍTULO 2

### 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 2.1 DESENHO DO ESTUDO

A presente dissertação está vinculada ao projeto institucional “Relação entre maturação biológica, desempenho técnico-tático e indicadores de fadiga muscular em jovens futebolistas” (Proc. 11.501), aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina, de acordo com as normas da Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, sob o Parecer nº 2.650.232 de 11/05/2018 (ANEXO A). Trata-se de uma pesquisa observacional do tipo quase-experimental sem grupo controle. Neste tipo de investigação, o pesquisador busca explorar o comportamento das variáveis analisadas em relação a um evento, sem a necessidade de recorrer a tratamentos experimentais e grupos controle (GAYA, 2008).

##### 2.1.1. Sujeitos

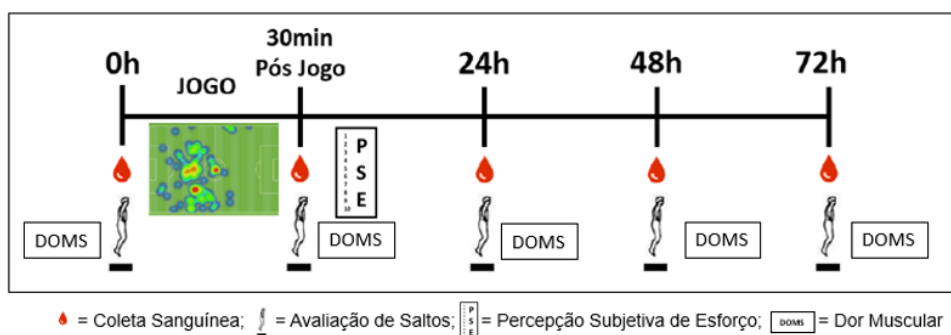
A amostra foi constituída de forma intencional. Foram pré-selecionados a participar do estudo 45 jovens futebolistas com idade entre 11,0 e 14,9 anos, os quais possuíam aproximadamente seis anos (6) de prática na modalidade e participavam em média de cinco (5) sessões de treinamento semanais com duração média de 104min. Os futebolistas eram pertencentes às categorias de base do Londrina Esporte Clube (LEC) e do *Paraná Soccer Technical Center* (PSTC) e participavam de competições oficiais pelos clubes em nível regional e estadual respectivamente. Destaca-se que os futebolistas do PSTC, no período das coletas eram os atuais campeões estaduais da categoria e os futebolistas do LEC eram os campeões regionais da categoria.

Para a referida amostra, foram adotados os seguintes critérios de inclusão: (1) treinar com uma das equipes selecionadas e; (2) participar de competições oficiais pelo clube. (3) apresentar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o Termo de Assentimento, seguindo o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA), assinado pelos pais e/ou responsáveis (APÊNDICE B); Como critérios de exclusão

foram adotados: (1) apresentar lesões musculoesqueléticas previamente e/ou durante o período de realização da coleta de dados; (2) não concluir todas as avaliações do estudo; (3) apresentar quadro de periodontia previamente e/ou durante o período de realização da coleta de dados. Apenas um sujeito foi excluído do estudo. Dessa forma, a amostra final foi composta por 44 jovens futebolistas, sendo divididos em 28 futebolistas da categoria Sub-13 ( $154,4 \pm 8,3$  cm) e 16 futebolistas da categoria Sub-15 ( $172,6 \pm 7,8$  cm).

## 2.2 ORGANIZAÇÃO DA COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada nos meses de setembro de 2018 e maio de 2019, durante dias da semana de segunda a sexta-feira, nas dependências do Centro de Educação Física e Esporte – CEFE/UUEL, em uma clínica de exames de imagem da cidade de Londrina – PR, nos centros de treinamento das equipes participantes e no Estádio Municipal Vitorino Gonçalves Dias. A coleta de dados foi dividida em três fases: na primeira fase os participantes foram informados sobre os objetivos da pesquisa, os dados a ser coletados e receberam o TCLE e o Termo de Assentimento. A segunda fase da coleta consistiu em realizar a radiografia anteroposterior de mão e punho, avaliar a saúde bucal, avaliar variáveis antropométricas e de composição corporal. Na terceira fase da coleta realizaram-se as partidas e os protocolos de avaliação das variáveis relacionadas a fadiga e ao dano muscular, sendo as partidas amistosas, porém *derbies* locais, com duração total de 70 min., realizadas sempre pelo período da tarde (às 15h;  $26,5^{\circ}\text{C}$ ; UR 81,2%), pois, eram horários habituais de treinamento dos atletas, bem como a padronização para controle de possíveis efeitos acrofásicos sobre os indicadores de dano muscular e de desempenho muscular (HAMMOUDA et al., 2011, 2012a, 2012b, 2013b), assim ocorrendo em quatro dias consecutivos conforme apresenta a Figura 2.1. Detalhes específicos de cada variável do estudo estão descritos a seguir.



**Figura 2.1** Desenho experimental

## 2.3 VARIÁVEIS DO ESTUDO

### 2.3.1 Antropometria e Composição Corporal

As medidas antropométricas de massa corporal, estatura, altura tronco-cefálica, foram realizadas em uma sala reservada para evitar qualquer tipo de constrangimento do atleta avaliado. A massa corporal foi mensurada em uma balança portátil de leitura digital, da marca Seca®, modelo 813, com precisão de 0,1 kg, ao passo que a estatura foi determinada em um estadiômetro portátil *Harpender*®, com precisão de 0,1 cm de acordo com os procedimentos descritos por Gordon; Chumlea e Roche (1988).

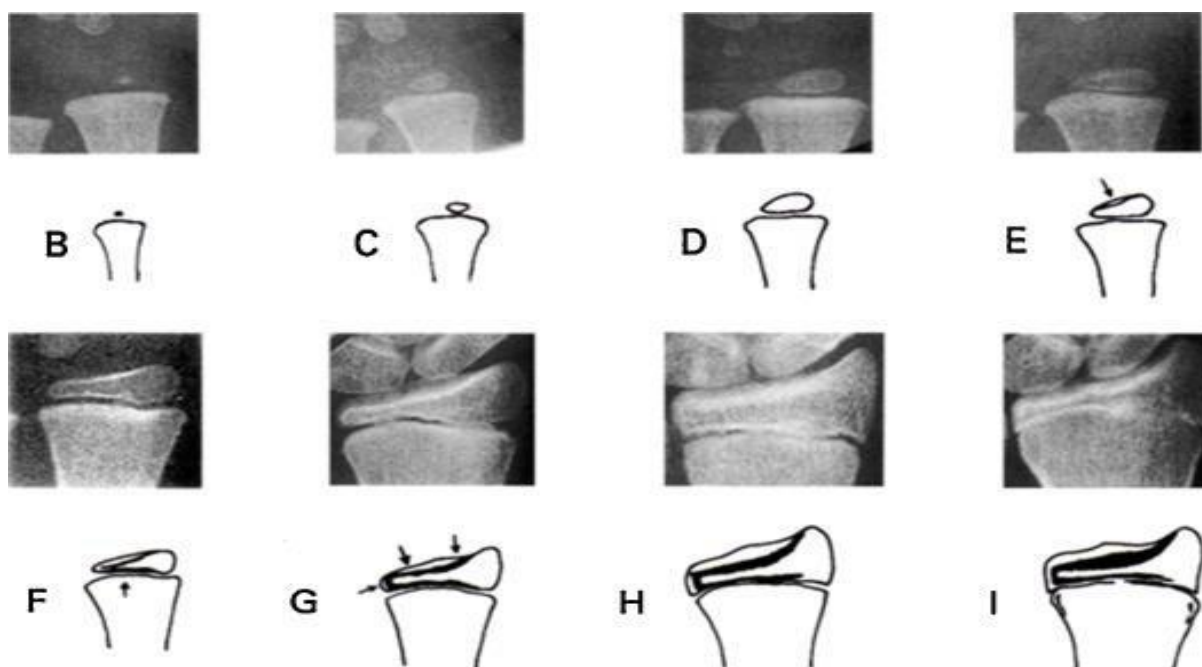
A composição corporal foi estimada pelo método da pletismografia de corpo inteiro mediante a utilização do *Body Composition System*® (*BOD POD, Life Measurement Inc., Concord, CA, USA*), o qual estima o volume corporal total através do deslocamento de ar. Realizou-se a calibração do equipamento conforme as recomendações do fabricante para a medição de volume corporal em cada sessão da avaliação.

A densidade corporal foi calculada a partir da razão entre a massa e volume corporal. O percentual de gordura foi estimado pela densidade corporal com base no modelo de dois compartimentos utilizando equação específica (SIRI, 1961) e ajustada pelas constantes descritas por Lohman (1986). A avaliação foi realizada observando-se os critérios descritos pelo manual do equipamento e os critérios descritos por Fields e Goran (2000).

### 2.3.2 Idade Cronológica e Idade Óssea

A idade cronológica (IC) foi expressa na forma centesimal, com base na diferença entre a data de nascimento e a data de realização da radiografia anteroposterior de mão e punho. As radiografias foram realizadas em uma clínica particular na cidade de Londrina, conduzidas por um técnico em radiologia treinado.

A estimativa e atribuição da idade óssea (IO), foi realizada por um único observador treinado pertencente ao Grupo de Estudo e Pesquisa em Atividade Física e Exercício da UEL (GEPAFE), o qual utilizou o método Tanner-Whitehouse 3 (TANNER et al., 2001). Foi atribuída uma classificação para cada um dos 20 ossos da mão e punho conforme o estágio de desenvolvimento encontrado, constituindo de uma escala contínua a qual varia de A à I (Figura 2.2). Assim, o estágio A indica ausência de osso visível, enquanto o estágio I indica o fechamento total das cartilagens epifisárias. Deste modo, cada osso recebe um escore que, na somatória final, variam de 0 (invisível) a 1000 (maturidade completa).



**Figura 2.2** Exemplo de estágios de ossificação do rádio

Fonte: Tanner et al., (2001)

A partir desta classificação, foram obtidos dados relativos ao escore de maturidade esquelética (RUS) e a IO dos sujeitos, conforme as equações preditivas propostas por Tanner et al. (2001). Posteriormente os atletas foram divididos em três

categorias do estado de maturidade biológica, chamadas de: Precoce (IO > um ano de IC) No Tempo (IO  $\pm$  um ano de IC) e Tardio (IO < um ano de IC) (MALINA et al., 2010).

### 2.3.3 Avaliação Odontológica

Previamente à partida foi realizada uma análise odontológica para identificar possíveis casos de doença periodontal. Esta condição é gerada por infecção bacteriana em tecidos, ligamentos e ossos específicos da sustentação dentária, o que pode levar a aumentos indesejados nas concentrações de CK (ALSHAIL; ALJOHAR; ALSHEHRI, 2016). A avaliação foi realizada por um profissional de odontologia, devidamente registrado junto ao conselho da área.

### 2.3.4 Fadiga Muscular

Considerou-se fadiga muscular a queda do desempenho na altura dos saltos verticais *Counter-Movement Jump* (CMJ) e *Squat Jump* (SQJ), comparado ao desempenho pré partida. Para tanto foram realizadas três tentativas em cada tipo de salto. Na execução do CMJ o avaliado foi instruído a manter suas mãos em seu quadril durante toda a execução do teste, partindo da posição em pé, em seguida a fase de descida com flexão de joelho a 90°, posteriormente o salto com os joelhos completamente estendidos e a trajetória do voo foi finalizada com a fase de aterrissagem, a qual os pés deviam tocar o solo alinhados e concomitantemente. A execução do SQJ se deu de maneira similar à do CMJ, com exceção da fase inicial do salto, uma vez que no SQJ o atleta parte de uma posição de flexão do joelho de 90° (BOSCO; LUHTANEN; KOMI, 1983).

### 2.3.5 Padrão de Deslocamento e Frequência Cardíaca

As informações das variáveis distância total percorrida, faixas de velocidades, acelerações das cargas corporais e a frequência cardíaca (FC) durante a partida, foram obtidas por meio de um equipamento portátil (peso 80 g; dimensões 91 x 45 X 21 mm) com tecnologia *Global Positioning System* (GPS), modelo *SPI-ProX2* (SPI

*Elite*, GPSports Systems, Austrália), o qual possui compatibilidade com o sistema de monitoramento cardíaco *Polar Team System II* (*Polar Electro*, Kempele, Finlândia).

A unidade do equipamento foi posicionada entre as escapulas do atleta, dentro de um bolso em um colete de material neoprene®. Os dados foram registrados em uma frequência de 5Hz e interpolados a uma frequência de 15Hz. O equipamento foi ligado 5-10 minutos antes do início da partida e desligado logo após o término. Através do *software Team AMS R1 v.2013.15* (GPSports Systems, Austrália) os dados foram exportados para uma planilha em formato *Microsoft Excel* e posteriormente a aquisição das variáveis relacionadas ao padrão de deslocamento expressas em metros, cargas corporais (*Body Load*) expressas em número somatório de acelerações nos eixos (X, Y e Z) e a FC expressa em batimentos por minuto (bpm), se deram através de uma rotina tratada no *software Matlab* (*The MathWorks, Inc., Natick, USA*).

Foram definidas seis faixas de velocidade de deslocamento, individualizadas levando em consideração o percentual da velocidade pico atingida durante a partida, sendo: Muito Baixa 0 a ≤20%, Baixa >20 a ≤40%, Moderada >40 a ≤60%, Alta >60 a ≤80%, Muito Alta >80 a 100% e também seis faixas de intensidade da FC, considerando o percentual da FC Máxima atingida durante a partida, dispostas em: Faixa 1 ≤60%, Faixa 2 >60 a ≤70%, Faixa 3 >70 a ≤80%, Faixa 4 >80 a ≤90; Faixa 5 >90 a ≤95%; Faixa 6 >95 a 100%. Para a *Body Load* considerou-se o vetor magnitude de aceleração como uma função do tempo (*i*) conforme segue na Equação 1.

$$Body\ Load = \sqrt{(acx_{i+1} - acx_i)^2 + (acy_{i+1} - acy_i)^2 + (acz_{i+1} - acz_i)^2}$$

(1)

Em que *acx*, *acy* e *acz* são os valores de aceleração registrados nos três diferentes planos do sistema ortogonal. O valor final foi dividido por 100 e considerado como unidades arbitrárias (U.A.), para simplificar a visualização dos dados (GONÇALVES et al., 2013).

### 2.3.6 Percepção Subjetiva do Esforço

Foi aplicada uma escala visando avaliar a percepção subjetiva de esforço (PSE) dos atletas adaptada de Foster et al. (2001), esta escala é composta por valores de 0 a 10, na qual, 0 representa “Intensidade Nula” e 10 representa “Máxima Intensidade Possível” do esforço realizado (Apêndice C). A avaliação ocorreu 15-30 minutos após o final da partida, previamente à coleta sanguínea.

### 2.3.7 Dor Muscular de Início Tardio (DOMS)

Para a avaliação da percepção subjetiva de DOMS, foi utilizada uma escala branca composta por valores de 0 a 10, a escala é composta por valores de 0 a 10, onde, 0 representa “Nenhuma Dor” e 10 representa “Pior Dor Possível” (Apêndice D). Para tanto, os avaliados responderam ao estímulo de pressão realizado por um único avaliador, o qual exerceu um toque de pressão com os dedos indicador e mediais da mão, sobre os músculos abdominais, quadríceps femoral, gastrocnêmio e isquiotibiais. Além disso, durante a avaliação os indivíduos estavam posicionados em flexão de joelho a 90° e equilibrando-se na ponta dos pés (MIYAMA; NOSAKA, 2004; NOSAKA; NEWTON; SACCO, 2002; OLIVEIRA; FRISSELLI; DEMINICE, 2019).

### 2.3.8 Indicadores de Dano Muscular

Considerou-se como indicadores de dano muscular o aumento na concentração dos indicadores circulantes CK e LDH em relação aos valores pré partida. Para tanto, um enfermeiro capacitado realizou a coleta das amostras sanguíneas, sendo amostras de 6ml por meio de punção venosa da região ante cubital, utilizando tubo heparinizado *Vacutainer*®. O sangue permaneceu armazenado neste tubo em ambiente resfriado ~4°C durante o processo de coleta e de transporte (~30min). Após isso a amostra foi centrifugada a 1000g por 15min. a 4°C para retirada do plasma. Em seguida o armazenamento do plasma foi realizado em tubos *Eppendorf*® e congelado em um *freezer* sob temperatura de -80°C para as análises posteriores. O tempo total de todo o processo de coleta sanguínea, transporte até o Laboratório de Bioquímica do Exercício da Universidade Estadual

de Londrina, centrifugação e armazenamento, foi de aproximadamente 55min. As análises foram realizadas no Laboratório de Bioquímica do Exercício da Universidade Estadual de Londrina, seguindo as instruções do fabricante dos kits comerciais *Labtest*® (Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil), mensurados por meio de técnica de fotolorimetria em um leitor de placa *Epoch* (*BioTek instruments, Winooski, USA*).

#### 2.4 CONTROLE DE QUALIDADE DE DADOS

Para avaliar a reprodutibilidade intra-avaliador das variáveis antropométricas, 16 atletas foram selecionados de forma aleatória após 15 dias da primeira coleta. Conforme critérios propostos por Perini et al., (2005), foram encontrados os seguintes erros técnicos de medida: massa corporal: 0,61%, estatura: 0,72% e altura sentada: 0,62%. Relativamente às radiografias de punho, 20 exames foram aleatoriamente selecionados para a reanálise. A reprodutibilidade foi obtida por meio do coeficiente de correlação intraclasse (CCI), sendo observado o valor de CCI = 0,97.

#### 2.5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Para analisar a normalidade dos dados, foi utilizado o método de assimetria e curtose. Os dados foram descritos em medidas de tendência central, conforme a caracterização de normalidade dos dados. As comparações do comportamento dos indicadores de dano muscular, da fadiga muscular e da DOMS entre os grupos de maturidade óssea nos diferentes momentos do estudo se deu com o uso da *Generalized Estimating Equations* (GEE) com *post-hoc* de Bonferroni. Adicionalmente foi verificado o delta percentual de variação dos indicadores de dano muscular e de fadiga muscular. Para a comparação da medida de PSE foi utilizado a análise de covariância (ANCOVA) também com *post-hoc* de Bonferroni. Enquanto para as relações entre indicadores de tamanho corporal sobre a fadiga muscular e o dano muscular foi aplicada a análise de correlação linear de Person. A magnitude das correlações entre as variáveis de tamanho corporal e os indicadores de fadiga e de dano muscular foi verificada por meio da aplicação de regressão linear. Os dados foram processados no pacote estatístico SPSS versão 24.0. Em todas as análises a significância estatística adotada foi de  $P < 0,05$ .

## CAPÍTULO 3

### 3 ARTIGO ORIGINAL

#### 3.1 INFLUÊNCIA DA MATURIDADE ÓSSEA SOBRE INDICADORES DE FADIGA MUSCULAR E DE DANO MUSCULAR APÓS UMA PARTIDA EM JOVENS FUTEBOLISTAS

##### RESUMO

O propósito deste estudo foi comparar o impacto de uma partida de futebol sobre indicadores relacionados à fadiga e ao dano muscular em jovens futebolistas de diferentes status de maturidade. Para tanto foram avaliados os comportamentos da Creatina Quinase (CK), Lactato Desidrogenase (LDH), dos saltos verticais *Countermovement Jump* (CMJ) e *Squat Jump* (SQJ) e da Dor Muscular de Início Tardio (DOMS) nos momentos pré-partida, imediatamente após a partida (0h), 24h, 48h e 72h após a partida, de 44 jovens futebolistas ( $13,4 \pm 1,0$  anos) divididos em três grupos de maturidade (Tardio, No Tempo e Precoce). Os resultados mostraram que não foi identificada a presença da fadiga muscular nos indicadores avaliados, independentemente do *status* de maturidade e do tempo de recuperação após a partida ( $P > 0,05$ ). No entanto, houve impacto sobre o dano muscular e a DOMS no momento 0h em todos os grupos de maturidade, sendo de maior intensidade no grupo Precoce ( $P < 0,05$ ). O dano muscular elevou-se por mais tempo no grupo Tardio do que nos seus pares (24h,  $P < 0,05$ ) enquanto a DOMS permaneceu elevada por 48h no Precoce ( $P < 0,05$ ) e por até 72h nos grupos Tardio e No Tempo ( $P < 0,05$ ). Conclui-se que não houve manifestação da fadiga muscular sobre os indicadores de fadiga avaliados, independentemente do *status* de maturidade e do tempo de recuperação. Entretanto, a maturidade influenciou a intensidade dos impactos da partida sobre o dano muscular e sobre a DOMS, sendo significativamente maior no grupo Precoce e de maior duração nos grupos Tardio e No Tempo.

**Palavras-chave:** Futebol. Crescimento. Creatina Quinase. Lactato Desidrogenase. Mialgia.

##### INTRODUÇÃO

A partir do grande atrativo financeiro e midiático relacionado ao ambiente esportivo de alto rendimento, diversos clubes de futebol têm realizado grandes investimentos buscando desenvolver jovens futebolistas talentosos (SARMENTO et al., 2018; UNNITHAN et al., 2012). Uma vez inserido neste processo, estes jovens são frequentemente expostos a rotinas de treinamento e de competição, as quais exigem alta demanda física dos mesmos (VIEIRA et al., 2019a, 2019b) e que

consequentemente tem tornado desafiador o gerenciamento das cargas de treino e principalmente da recuperação física após tais esforços.

Atualmente a indicação é que o tempo necessário para a completa recuperação física após uma partida de futebol, ou seja, da recuperação dos indicadores relacionados à fadiga muscular e ao dano muscular, está em torno de 48h a 72h (DOEVEN et al., 2018; SILVA et al., 2018). No entanto, estas informações são oriundas de estudos envolvendo indivíduos adultos, o que requer cautela na aplicação destes parâmetros em adolescentes, principalmente devido as diferenças existentes entre as características físicas e o contexto do jogo (STOLEN et al., 2005; VIEIRA et al., 2019b) e que podem influenciar a intensidade e a duração do impacto fisiológico após uma partida (BRANCACCIO et al., 2008; BRANCACCIO; LIPPI; MAFFULLI, 2010; NÉDÉLEC et al., 2012).

Em futebolistas adolescentes, a dinâmica de recuperação após uma partida pode ser ainda diferente entre indivíduos da mesma idade cronológica, visto que o processo de maturação biológica influencia o desenvolvimento corporal e o desempenho físico, de tal modo que indivíduos biologicamente precoces apresentam vantagens na produção geral de força muscular, velocidade (ASADI et al., 2018; BORGES et al., 2018; COELHO-E-SILVA et al., 2010; GOUVEA et al., 2016; MALINA et al., 2015) e do desempenho de corrida durante as partidas, especialmente em alta intensidade (BUCHHEIT; MENDEZ-VILLANUEVA, 2014; VIEIRA et al., 2019a), o que pode contribuir para o aumento da fadiga e do dano muscular (SILVA et al., 2018). Entretanto, os estudos envolvendo futebolistas adolescentes ainda não consideraram sistematicamente se o *status* de maturidade do indivíduo pode influenciar quanto à intensidade e à duração do impacto fisiológico de uma partida, sobretudo em categorias em que há grande variabilidade de *status* de maturidade (COELHO-E-SILVA et al., 2010; MALINA et al., 2015).

Neste sentido, acredita-se que indivíduos de maturidade precoce sofram maior impacto fisiológico após uma partida do que seus pares. Para tanto, o objetivo do presente estudo foi comparar o impacto de uma partida de futebol sobre indicadores relacionados à fadiga e ao dano muscular em jovens futebolistas de diferentes *status* de maturidade.

## MÉTODOS

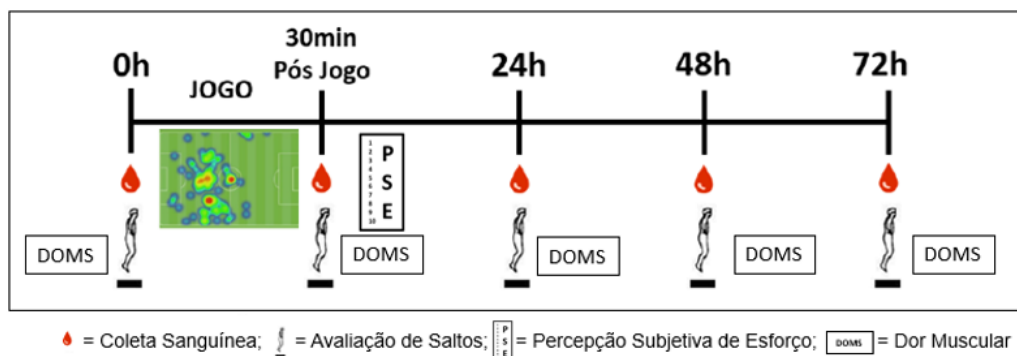
### Participantes

A amostra foi composta por 44 jovens futebolistas com idades entre 11 e 15 anos ( $13,36 \pm 0,98$  anos;  $161,11 \pm 11,97$ cm), pertencentes a categorias de base de duas equipes profissionais de futebol da cidade de Londrina – PR. Todos participavam de treinamentos e competições oficiais pelas equipes, concluíram as avaliações propostas e estavam livres de periodontite e de lesões. Os futebolistas e seus responsáveis legais assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) seguindo as recomendações do Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA). O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa envolvendo seres humanos da universidade local, de acordo com as normas da resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde sob o parecer nº 2.650.232 de 11/05/2018.

### ***Design Experimental***

As coletas ocorreram durante o meio da temporada competitiva, foi solicitado aos futebolistas que evitassem qualquer tipo de esforço físico durante as 72h prévias à partida. As partidas foram realizadas às 15h ( $26,5^{\circ}\text{C}$  e U.R. 81,2%) mantendo o horário de treinamento e evitando possíveis variações acrofásicas dos indicadores de dano muscular (HAMMOUDA et al., 2011, 2012a, 2012b, 2013b). As coletas foram realizadas em ordem de circuito, iniciando pela amostra sanguínea, avaliação da DOMS e finalizando na avaliação de saltos, a qual foi precedida por um aquecimento dinâmico envolvendo exercícios para os segmentos inferiores, incluindo cinco pequenos saltos. As coletas prévias à partida ocorreram ~30min antes da partida. Os demais momentos de coletas foram: imediatamente após a partida (0h), 24h, 48h e 72h após a partida (Figura 3.1). A partida foi amistosa, porém, *derbies* locais e teve duração total de 70min (35min X 35min). Foi solicitado aos treinadores que mantivessem os atletas durante toda a partida. Não houve lesões ou desistência por cansaço em nenhuma das partidas da coleta.

**Figura 3.1** Desenho experimental.



### Antropometria e composição corporal

A massa corporal foi mensurada em uma balança portátil de leitura digital Seca Modelo 813®, com precisão de 0,1kg e a estatura determinada com o uso de um estadiômetro *Harpender*®, com precisão de 0,1cm, de acordo com os procedimentos descritos por Gordon; Chumlea e Roche (1988). A composição corporal foi estimada por pletismografia de corpo inteiro, utilizando o *Body Composition System*® (*BOD POD, Life Measurement Inc., Concord, CA, USA*). Seguindo os critérios descritos pelo fabricante e por Fields e Goran (2000). Sendo a massa gorda e a massa livre de gordura (MLG) estimada utilizando equação específica (SIRI, 1961) e ajustada pelas constantes descritas por Lohman (1986).

### Idade cronológica e idade óssea

A idade cronológica (IC) e a Idade óssea (IO) foram definidas de forma centesimal. A IC foi obtida considerando a diferença entre a data de nascimento e a data de realização da radiografia anteroposterior de mão e punho. Enquanto a IO foi considerada através da diferença entre a IO estimada e IC. As radiografias foram realizadas em uma única clínica particular e posteriormente analisadas por um único observador treinado, o qual atribuiu a IO empregando o método Tanner-Whitehouse 3 (TW3) (TANNER et al., 2001). Com base na diferença entre a IO e a IC os futebolistas foram divididos em três categorias de maturidade: Precoce (IO > um ano

de IC) No Tempo (IO  $\pm$  um ano de IC) e Tardio (IO < um ano de IC) (MALINA et al., 2010).

### **Coleta sanguínea e dano muscular**

Considerou-se como indicadores de dano muscular o aumento na concentração dos indicadores circulantes CK e LDH em relação ao valor pré partida. Para tanto, um enfermeiro capacitado coletou as amostras sanguíneas (~6ml) com o uso de um tubo heparinizado *Vacutainer*®. As amostras foram então transportadas em ambiente resfriado e centrifugadas a 1000g por 15min. à 4°C para retirada do plasma, o qual 1,5ml foi armazenado em micro tubos *Eppendorf*® e congelados a -80°C. As análises das concentrações de CK e LDH foram realizadas seguindo as instruções dos kits comerciais *Labtest*® (Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil), e mensuradas por meio de fotolorimetria em um leitor *Epoch* (*BioTek instruments, Winooski, USA*). Todas as análises foram realizadas em duplicata e o coeficiente de variação foi menor do que 5%.

### **Fadiga Muscular**

A fadiga muscular foi definida como a perda de desempenho da altura média atingida nos saltos verticais *Counter-Movement Jump* (CMJ) e *Squat Jump* (SQJ), comparado ao desempenho pré partida. Conforme idealizado por Bosco, Luhtanen e Komi (1983), foram realizadas três tentativas para cada tipo de salto e como medida final do desempenho utilizou-se o valor médio da altura atingida nas três tentativas.

### **Escalas de percepção subjetiva**

Após o avaliador realizar um estímulo de pressão manual sobre os músculos abdominais, quadríceps femoral, gastrocnêmio e isquiotibiais (MIYAMA; NOSAKA, 2004; NOSAKA; NEWTON; SACCO, 2002; OLIVEIRA; FRISSELLI; DEMINICE, 2019), os futebolistas classificaram a percepção de DOMS tendo como referência uma escala composta por valores de 0 a 10, sendo 0 “Nenhuma Dor” e 10 “Pior Dor Possível”. A percepção subjetiva de esforço (PSE) foi coletada utilizando da escala

proposta por Foster et al. (2001) adaptada para a língua portuguesa (CABRAL et al., 2017), com valores de 0 a 10 em que 0 representa “Intensidade Nula” e 10 representa “Máxima Intensidade Possível”.

### **Medidas de intensidade durante a partida**

A intensidade da partida foi avaliada com o uso de um equipamento *Global Positioning System* (GPS) portátil (peso 80 g; dimensões 91 x 45 X 21 mm) modelo *SPI-ProX2* (*SPI Elite*, *GPSports Systems*, Austrália), compatível com sistema de monitoramento da frequência cardíaca (FC) *Polar Team System II* (*Polar Electro*, Kempele, Finlândia) e composto também por um acelerômetro de 100Hz. O equipamento foi colocado dentro de um bolso em um mini colete e posicionado entre as escapulas do futebolista. Os dados posicionais foram registrados em uma frequência de 5Hz, interpolados à 15Hz e exportados para uma planilha *Excel* através do *software Team AMS R1 v.2013.15* (*GPSports Systems*, Austrália). Posteriormente a aquisição final das variáveis de padrão de deslocamento (m), cargas corporais (*Body Load*) (U.A.) e da FC (bpm) se deram através de uma rotina tratada no *Matlab* (*The MathWorks, Inc., Natick, USA*).

### **ANÁLISE ESTATÍSTICA**

A normalidade dos dados foi verificada utilizando o método de assimetria e curtose. De acordo com a análise utilizada, os dados foram descritos em média, desvio padrão, erro padrão e valores percentuais. Foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA) para as comparações das características gerais descritivas da amostra e das variáveis de carga interna e externa da partida entre os grupos de maturidade. Para comparar a PSE entre os grupos de maturidade, utilizou-se da Análise de Covariância (ANCOVA) controlada pela idade cronológica, distância percorrida nas faixas de velocidades alta e muito alta, *Body Load* e pelo tempo jogado nas faixas de FC 4, 5 e 6. As mesmas variáveis de controle foram utilizadas na aplicação da *Generalized Estimating Equations* (GEE) quando feitas as comparações do comportamento dos indicadores de dano muscular, da fadiga muscular e da DOMS entre os grupos de maturidade nos diferentes momentos após partida em relação ao momento pré partida. Adicionalmente, foi verificado o delta percentual de variação dos indicadores de dano

muscular e de fadiga muscular. Para todas as comparações foi utilizado o *post-hoc* de Bonferroni, sendo a significância estatística adotada de  $P < 0,05$ . Os dados foram tratados no *software* SPSS versão 24.0.

## RESULTADOS

As características descritivas da amostra estratificadas por amostra geral e grupos de maturidade são apresentadas na Tabela 3.1. Destaca-se que o grupo Tardio é significativamente mais baixo, mais leve e possui menor MLG do que os seus pares ( $P < 0,05$ ), especialmente frente ao grupo Precoces, o qual é cerca de 16,5cm mais alto, 5kg mais pesado e com vantagem em 2kg de MLG.

**Tabela 3.1.** Características descritivas da amostra, estratificadas por amostra geral e

Variável	Geral (n=44)	Precoces (n=8)	No Tempo (n=29)	Tardio (n=7)
IC (anos)	13,36 ± 0,98	13,49 ± 1,05	13,41 ± 0,95	13,01 ± 1,09
IO (anos)	13,42 ± 1,50	15,02 ± 0,87	13,45 ± 1,24‡	11,51 ± 0,56 †‡
Estatura (cm)	161,11 ± 11,97	168,29 ± 11,81	161,39 ± 11,52	151,73 ± 8,51 ‡
MC (kg)	49,91 ± 10,85	58,75 ± 9,20	50,24 ± 9,70	38,42 ± 4,52 †‡
MLG (kg)	43,96 ± 10,07	52,78 ± 7,13	43,90 ± 9,31‡	34,43 ± 5,11 †‡

grupos de maturidade.

**Nota:** IC = Idade cronológica; IO = Idade óssea; MC = Massa corporal; MLG = Massa livre de gordura;

† = Diferença para o grupo No Tempo; ‡ = Diferença para o grupo Precoces;  $P < 0,05$ .

As Tabelas 3.2 e 3.3 apresentam as variáveis de carga externa e interna da partida, respectivamente. Os dados mostram grande semelhança entre os grupos de maturidade ( $P > 0,05$ ) sendo que das variáveis analisadas, encontrou-se diferença entre os grupos de maturidade somente na distância percorrida em baixa intensidade ( $P < 0,05$ ), na qual o grupo Tardio apresentou menor distância do que o grupo No Tempo em cerca de 336 metros.

O comportamento dos indicadores de fadiga muscular (CMJ e SQJ) apresentados na Tabela 3.4, mostra que segundo os mesmos, não houve fadiga muscular após a partida, independentemente da maturidade ( $P > 0,05$ ). Além disso, a Tabela 4 apresenta o comportamento dos indicadores de dano muscular LDH e CK, em que se observa aumento na concentração de LDH imediatamente após a partida (0h) apenas no grupo No Tempo ( $P < 0,05$ ), sem diferença para seus pares ( $P > 0,05$ ). Por outro lado, por meio das concentrações de CK, constata-se aumento significativo entre os momentos Pré e 0h em todos os grupos de maturidade ( $P < 0,05$ ). Sendo de maior intensidade nos grupos No Tempo e Precoce do que no grupo Tardio ( $P < 0,05$ ). Mas, permaneceu elevada por mais tempo apenas no grupo Tardio (Pré vs. 24h;  $51,81\Delta\%$   $P < 0,05$ ).

**Tabela 3.2.** Variáveis de carga externa da partida, estratificadas por amostra geral e grupos de maturidade

<b>Variável</b>	<b>Geral (n=44)</b>	<b>Precoce (n=8)</b>	<b>No Tempo (n=29)</b>	<b>Tardio (n=7)</b>
<b>Vel. Pico (km/h)</b>	27,03 ± 3,02	26,58 ± 2,84	27,31 ± 3,18	26,38 ± 2,76
<b>Dist. VMTB (m)</b>	2097,37 ± 513,37	2191,65 ± 537,42	2080,60 ± 518,14	2059,11 ± 532,99
<b>Dist. VBX (m)</b>	2505,32 ± 326,42	2388,84 ± 406,97	2596,52 ± 294,95	2260,58 ± 190,39 †
<b>Dist. VMOD (m)</b>	1822,35 ± 421,06	1760,24 ± 271,41	1802,13 ± 458,53	1977,13 ± 410,34
<b>Dist. VALT (m)</b>	720,99 ± 254,25	732,81 ± 190,21	703,14 ± 246,29	781,42 ± 363,32
<b>Dist. VMTA (m)</b>	190,79 ± 97,35	249,39 ± 134,83	174,43 ± 86,55	191,61 ± 76,65
<b>Dist. Total (m)</b>	7336,82 ± 424,56	7322,94 ± 229,76	7356,81 ± 437,80	7269,86 ± 573,03
<b>Body Load (U.A.)</b>	30,26 ± 4,05	28,73 ± 4,31	30,80 ± 4,18	29,72 ± 3,09

**Nota:** Vel. Pico = Velocidade pico atingida durante a partida; Dist. VMTB = Distância em velocidade muito baixa; Dist. VBX = Distância em velocidade baixa; Dist. VMOD = Distância em velocidade moderada; Dist. VALT = Distância em velocidade alta; Dist. VMTA = Distância em velocidade muito alta; Dist. Total = Distância total percorrida; *Body Load* = Carga corporal; † = Diferença para o grupo No Tempo;  $P < 0,05$ .

**Tabela 3.3.** Variáveis de carga interna da partida, estratificadas por amostra geral e grupos de maturidade.

Variável	Geral (n=44)	Precoce (n=8)	No Tempo (n=29)	Tardio (n=7)
<b>FC MAX (bpm)</b>	202,59 ± 7,24	202,25 ± 6,61	202,72 ± 7,85	202,43 ± 6,11
<b>Tempo FX1FC (%)</b>	6,48 ± 12,22	9,07 ± 14,45	5,33 ± 10,20	8,28 ± 17,94
<b>Tempo FX2FC (%)</b>	4,09 ± 4,65	3,51 ± 4,36	4,08 ± 4,93	4,79 ± 4,31
<b>Tempo FX3FC (%)</b>	14,53 ± 9,62	13,29 ± 10,75	15,66 ± 9,76	11,26 ± 7,90
<b>Tempo FX4FC (%)</b>	35,83 ± 10,36	30,75 ± 11,97	37,45 ± 9,74	34,94 ± 10,59
<b>Tempo FX5FC (%)</b>	26,38 ± 12,07	25,66 ± 11,92	26,24 ± 12,99	27,77 ± 9,40
<b>Tempo FX6FC (%)</b>	12,69 ± 9,33	17,72 ± 12,37	11,24 ± 8,57	12,98 ± 7,63
<b>PSE (U.A.) #</b>	7,60 ± 0,21	8,30 ± 0,38	7,46 ± 0,21	7,05 ± 0,40

**Nota:** FC MAX = Frequência cardíaca máxima atingida na partida; FX1FC = Percentual do tempo da partida na Faixa 1 da frequência cardíaca; FX2FC = Percentual do tempo da partida na Faixa 2 da frequência cardíaca; FX3FC = Percentual do tempo da partida na Faixa 3 da frequência cardíaca; FX4FC = Percentual do tempo da partida na Faixa 4 da frequência cardíaca; FX5FC = Percentual do tempo da partida na Faixa 5 da frequência cardíaca; FX6FC = Percentual do tempo da partida na Faixa 6 da frequência cardíaca; PSE = Percepção Subjetiva de Esforço; U.A.. = Unidades arbitrárias; bpm = Batimentos por minutos; # = Modelo ajustado por: Idade cronológica (13,36 anos), Distância percorrida em velocidades alta e muito alta (911,78 m), *Body Load* (30,25 U.A.) e Tempo do jogo nas faixas da FC 4,5 e 6 (74,90%); P < 0,05.

**Tabela 3.4.** Comportamento dos indicadores de fadiga muscular e de dano muscular estratificadas por grupos de maturidade nos diferentes momentos em resposta à partida (Média;  $\pm$  Erro Padrão;  $\Delta\%$  Delta Percentual)

Variável	Grupos	Pré	0h	$\Delta\%$	24h	$\Delta\%$	48h	$\Delta\%$	72h	$\Delta\%$
<b>CMJ (cm)</b>	Tardio	28,97 $\pm$ 1,35	28,31 $\pm$ 1,36	-2,28	28,25 $\pm$ 0,88 <sup>g</sup>	-2,49	28,91 $\pm$ 1,00 <sup>h</sup>	-0,21	30,00 $\pm$ 0,97	3,56
	No Tempo	30,00 $\pm$ 0,68	28,87 $\pm$ 0,68 <sup>e</sup>	-3,77	29,37 $\pm$ 0,56	-2,10	30,61 $\pm$ 0,69	2,03	30,93 $\pm$ 0,82	3,10
	Precoce	32,33 $\pm$ 1,80	30,91 $\pm$ 1,95	-4,39	31,67 $\pm$ 1,44	-2,04	32,23 $\pm$ 1,07	-0,31	33,24 $\pm$ 1,26	2,81
<b>SQJ (cm)</b>	Tardio	28,10 $\pm$ 0,78	27,75 $\pm$ 1,06	-1,25	27,14 $\pm$ 0,77 <sup>g</sup>	-3,42	27,75 $\pm$ 0,85 <sup>h</sup>	-1,25	29,33 $\pm$ 0,95	4,38
	No Tempo	28,75 $\pm$ 0,63	27,89 $\pm$ 0,65	-2,99	27,66 $\pm$ 0,57 <sup>f,g</sup>	-3,79	29,06 $\pm$ 0,66	1,08	29,29 $\pm$ 0,61	1,88
	Precoce	31,03 $\pm$ 1,44	29,79 $\pm$ 2,05	-4,00	30,22 $\pm$ 1,18	-2,61	30,91 $\pm$ 0,91	-0,39	30,78 $\pm$ 1,24	-0,81
<b>LDH (U/l)</b>	Tardio	204,19 $\pm$ 4,88	224,89 $\pm$ 14,85	10,14	207,54 $\pm$ 6,27 <sup>g</sup>	1,64	208,04 $\pm$ 9,60	1,89	193,00 $\pm$ 5,55	-5,48
	No Tempo	177,37 $\pm$ 8,88 <sup>a</sup>	223,31 9,57 <sup>c,d,e</sup>	$\pm$ 25,90	187,75 $\pm$ 8,66	5,85	173,53 $\pm$ 6,47	-2,16	176,10 $\pm$ 6,69	-0,72
	Precoce	172,31 $\pm$ 11,85	213,47 14,87 <sup>c,d</sup>	$\pm$ 23,89	178,49 $\pm$ 15,56	3,59	167,09 $\pm$ 10,20	-3,03	152,16 $\pm$ 15,32	-11,69
<b>CK (U/l)</b>	Tardio	118,41 $\pm$ 16,58 <sup>a,b</sup>	181,91 $\pm$ 17,53 <sup>†</sup>	53,63	179,76 $\pm$ 21,33	51,81	135,44 $\pm$ 9,27	14,38	135,26 $\pm$ 7,72	14,23
	No Tempo	223,10 $\pm$ 28,15 <sup>a</sup>	364,91 39,32 <sup>d,e</sup>	$\pm$ 63,56	331,64 $\pm$ 41,82 <sup>g</sup>	48,65	224,44 $\pm$ 24,16 <sup>h</sup>	0,60	168,72 $\pm$ 15,06	-24,37
	Precoce	275,74 $\pm$ 45,31 <sup>a</sup>	463,19 65,69 <sup>d,e</sup>	$\pm$ 67,98	400,07 $\pm$ 72,06 <sup>f</sup>	45,09	217,93 $\pm$ 29,27	-20,96	185,69 $\pm$ 18,97	-32,65

**Nota:** Modelo ajustado por: Idade cronológica (13,36 anos), Distância percorrida em velocidades alta e muito alta (911,78 m), *Body Load* (30,25 U.A.) e Tempo do jogo nas faixas da FC 4,5 e 6 (74,90%). CK = Creatina quinase; LDH = Lactato desidrogenase; CMJ = Salto vertical com contra movimento, SQJ = Salto vertical sem contra movimento; <sup>a</sup> = Pré X 0h; <sup>b</sup> = Pré X 24h; <sup>c</sup> = 0h X 24h; <sup>d</sup> = 0h X 48h; <sup>e</sup> = 0h X 72h; <sup>f</sup> = 24h X 48h; <sup>g</sup> = 24h X 72h; <sup>h</sup> = 48h X 72h. <sup>†</sup> = Diferença para o grupo No Tempo; <sup>‡</sup> = Diferença para o grupo Precoce; P < 0,05.

**Tabela 3.5.** Comportamento da DOMS estratificadas por grupos de maturidade nos diferentes momentos em resposta à partida (Média;  $\pm$  Erro Padrão)

Variável	Grupos	Pré	0h	24h	48h	72h
DOMS (U.A.)	Tardio	0,43 $\pm$ 0,19 <sup>a,b,c,d</sup>	3,73 $\pm$ 0,16 <sup>†‡</sup>	5,20 $\pm$ 0,39	5,04 $\pm$ 0,60	3,12 $\pm$ 0,48
	No Tempo	0,24 $\pm$ 0,09 <sup>a,b,c,d</sup>	4,84 $\pm$ 0,23 <sup>e,f,‡</sup>	4,79 $\pm$ 0,31 <sup>g,h,‡</sup>	3,30 $\pm$ 0,25 <sup>i</sup>	1,61 $\pm$ 0,22
	Precoce	0,39 $\pm$ 0,17 <sup>a,b,c</sup>	6,67 $\pm$ 0,20 <sup>e,f</sup>	6,72 $\pm$ 0,36 <sup>g,h</sup>	3,55 $\pm$ 0,50 <sup>i</sup>	1,40 $\pm$ 0,46

**Nota:** Modelo ajustado por: Idade cronológica (13,36 anos), Distância percorrida em velocidades alta e muito alta (911,78 m), *Body Load* (30,25 U.A.) e Tempo do jogo nas faixas 4,5 e 6 da FCMAX (74,90%). DOMS = Dor muscular de início tardio. <sup>a</sup> = Pré X 0h; <sup>b</sup> = Pré X 24h; <sup>c</sup> = Pré X 48h; <sup>d</sup> = Pré X 72h; <sup>e</sup> = 0h X 48h; <sup>f</sup> = 0h X 72h; <sup>g</sup> = 24h X 48h; <sup>h</sup> = 24h X 72h; <sup>i</sup> = 48h X 72h. <sup>†</sup> = Diferença para o grupo No Tempo; <sup>‡</sup> = Diferença para o grupo Precoce;  $P < 0,05$ .

Em relação ao comportamento da DOMS (Tabela 3.5), os resultados encontrados mostram que independentemente da maturidade houve presença da DOMS após a partida ( $P < 0,05$ ), sendo de maior intensidade no grupo Precoce do que em seus pares (0h;  $P < 0,05$ ), mas, com duração maior nos grupos Tardio e No Tempo (72h;  $P < 0,05$ ). Além disso, o pico da DOMS esteve em 24h independentemente da maturidade.

## **DISCUSSÃO**

Os achados principais do presente estudo indicam que jovens futebolistas independentemente da maturidade, não apresentaram impactos sobre os indicadores de fadiga muscular CMJ e SQJ em resposta à partida, porém, houve impactos sobre os indicadores de dano muscular CK e LDH, e sobre a DOMS. Sendo que os futebolistas de maturidade precoce apresentaram maior impacto sobre o dano muscular e sobre a DOMS do que seus pares, uma vez que se constatou maior concentração da CK e da DOMS na comparação entre os grupos de maturidade em resposta a partida.

### **Indicadores de fadiga muscular**

Embora parte da literatura aponte para a presença da fadiga muscular em adolescentes futebolistas imediatamente após o esforço físico (0h) (DE STE CROIX et al., 2019; KINUGASA; KILDING, 2009; NÉDÉLEC et al., 2013; OLIVER; ARMSTRONG; WILLIAMS, 2008; SHIMI et al., 2016) e por até 24h após o esforço físico (FITZPATRICK et al., 2019a; NÉDÉLEC et al., 2013), os resultados do presente estudo mostram que não houve presença da fadiga muscular em nenhum dos momentos avaliados após a partida, independentemente da maturidade dos futebolistas. Outros estudos nesta população corroboram com os achados do presente estudo e similarmente não encontraram fadiga muscular por meio da altura nos saltos verticais CMJ e SQJ, seja imediatamente após o esforço físico (MALONE et al., 2015), por 24h (DE NARDI et al., 2011; FITZPATRICK et al., 2019a; ROWSELL et al., 2009), por 48h (KUNZ et al., 2019) ou ainda por 72h após o esforço físico (OLIVEIRA; FRISSELLI; DEMINICE, 2019).

Por outro lado, ao analisar a fadiga de acordo com a maturação biológica, somente o estudo De Ste Croix et al., (2019) investigaram possíveis influências da maturação biológica (Pico de Velocidade do Crescimento - PVC) sobre a fadiga muscular após uma partida de jovens futebolistas de 14 anos, utilizando o salto *Hop Test* coletados pré-partida e imediatamente após a partida. Diferentemente do presente estudo, os autores encontraram a presença da fadiga muscular nos dois grupos de maturidade avaliados (grupo PVC e grupo Pós-PVC) sem diferença entre os grupos. As diferenças entre os achados dos estudos possivelmente foram ocasionadas pelos diferentes métodos de avaliação da maturação biológica (maturação esquelética vs. maturação somática), diferentes tipos de salto (CMJ e SQJ vs. *Hop Test*) e sobretudo pelo controle da carga externa da partida realizado pelo presente estudo, visto que variáveis como as corridas de alta intensidade e as acelerações corporais, são relevantes para a fadiga muscular e impactadas pela maturação (BUCHHEIT; MENDEZ-VILLANUEVA, 2014; DE NARDI et al., 2011; DE STE CROIX et al., 2019; FITZPATRICK et al., 2019a).

Portanto, a não-manifestação da fadiga nos saltos CMJ e SQJ encontrada no presente estudo, parece ocorrer devido à intensidade de esforço realizado ser insuficiente para produzir fadiga muscular nos indicadores avaliados (OLIVEIRA; FRISSELLI; DEMINICE, 2019) ou mesmo a adoção de estratégias de movimento que visam manter a altura do salto ainda que em estado de fadiga muscular (FITZPATRICK et al., 2019a; MALONE et al., 2015), uma vez que o padrão de movimento, influencia o desempenho durante a execução dos saltos verticais SQJ e CMJ (MARKOVIC et al., 2004; RAFFALT; ALKJÆR; SIMONSEN, 2017; VAN HOOREN; ZOLOTARJOVA, 2017).

### **Dano muscular**

No presente estudo, a presença do dano muscular foi encontrada imediatamente após a partida (0h), corroborando com o que a literatura tem estabelecido, tanto para futebolistas adolescentes (ANDRZEJEWSKI et al., 2008; ANDRZEJEWSKI; CHMURA, 2008; AQUINO et al., 2016a; DE STE CROIX et al., 2019; DEVRNJA; MATKOVIĆ, 2018; SHIMI et al., 2016) quanto para futebolistas adultos (DOEVEN et al., 2018; SILVA et al., 2018). Por outro lado, a presença do

dano muscular observada por até 24h, difere quanto ao período  $\geq 72$ h estabelecido em adultos (DOEVEN et al., 2018; SILVA et al., 2018). Enquanto que para futebolistas adolescentes parece ainda não haver um consenso, principalmente pelo fato que apenas uma pequena parte da literatura avaliou o dano muscular para além de imediatamente após o esforço (KUNZ et al., 2019; OLIVEIRA; FRISSELLI; DEMINICE, 2019), podendo este ser reportado por 24h (KUNZ et al., 2019) ou por até 72h (OLIVEIRA; FRISSELLI; DEMINICE, 2019).

Imediatamente após a partida (0h) houve dano muscular em todos os grupos de maturidade, mas, no grupo Precoce o impacto sobre o dano muscular foi de maior intensidade do que em seus pares. Estes achados corroboram parcialmente aos encontrados pelo estudo de De Ste Croix et al., (2019), no qual a influência da maturação biológica sobre o dano muscular foi similarmente objeto de estudo. Ambos os estudos encontraram a presença do dano muscular imediatamente após a partida (0h) e independentemente da maturidade, porém, divergem quanto a intensidade do dano muscular entre os grupos de maturidade.

Os resultados aqui encontrados mostram que a maturidade, foi capaz de influenciar a intensidade e a duração do dano muscular ocorrido nos jovens futebolistas. Sendo que parece existir uma relação entre o aumento do tamanho corporal e o aumento na intensidade do dano muscular, uma vez que juntamente com as diferenças físicas desfavorecendo o grupo Tardio, há existência de um gradiente de maturidade sobre o comportamento do dano muscular (Tardio < No Tempo < Precoce).

Neste sentido, o aumento do tamanho corporal provocado pela maturação biológica, sobretudo na massa muscular (MALINA; BOUCHARD; BAR-OR, 2009; O'BRIEN et al., 2010), conjuntamente ao amadurecimento bioquímico muscular (ERIKSSON, 1980) e ao desenvolvimento neuromuscular (RADNOR et al., 2017), favorecem o desempenho na realização de atividades que envolvem o ciclo de encurtamento e estiramento muscular, como por exemplo saltos e *sprints* (RADNOR et al., 2017). Por sua vez, estas atividades estão intimamente relacionadas ao dano muscular, devido à grande exigência sobre a mecânica de contração muscular concêntrica e excêntrica (HOTFIEL et al., 2018; OWENS et al., 2019; PEAKE et al., 2017). Sendo assim, é provável que o dano muscular seja maior no grupo Precoce

em decorrência do aumento na capacidade de produção de força para a realização das atividades mais danosas com maior intensidade.

Além disso, o dano muscular mais elevado no grupo Precoce em 0h, pode também refletir uma importante implicação biomecânica sobre a necessidade de emprego da força enquanto agente físico. Especificamente a Quantidade de Movimento Linear ou *Momentum* (*massa* x *velocidade*), sugere que dado a execução de uma tarefa física de mesma velocidade, indivíduos de maior *massa* necessitam de maior quantidade de força para alterar o seu estado de inércia (DUARTE; OKUNO, 2012). Assim, quando dada uma atividade de mesma velocidade, pelo fato de futebolistas Precoces apresentarem maior tamanho corporal que seus pares, infere-se que para estes indivíduos, devido a sua maior *massa* pode gerar maior *momentum*, ou seja, é necessário empregar maior força para realizar atividades como as acelerações, desacelerações e mudanças de direção. Atividades as quais são relacionadas ao dano muscular devido à natureza mecânica das contrações musculares (HOTFIEL et al., 2018; OWENS et al., 2019; PEAKE et al., 2017).

Deste modo, embora o grupo Precoce apresente vantagens biológicas para o melhor desempenho físico, o custo fisiológico na execução de tarefas que geram elevado dano muscular, parece ser maior para estes indivíduos quando comparado a seus pares, principalmente devido a uma questão de proporcionalidade ao tamanho corporal em interação com a demanda mecânica de uma partida, provocando assim o dano muscular significativamente mais intenso.

Porém, apenas o grupo Tardio continuou a apresentar dano muscular depois do momento 0h, sendo constatado o dano muscular também em 24h. De fato, este comportamento não era esperado, uma vez que o grupo Precoce apresentou maior intensidade de dano muscular no momento 0h. Para compreender este comportamento é necessário abordar as possíveis influências da maturidade sobre os mecanismos envolvidos no processo de reparação do tecido muscular.

Têm-se estabelecido que a reparação do tecido muscular danificado é substancialmente realizada pela ação das células satélites (FORCINA et al., 2019; HAWKE; GARRY, 2001; MAURO, 1961; VERDIJK et al., 2014). Após a ocorrência do dano ao tecido muscular, uma série de quatro fases inter-relacionadas são

necessárias para que ocorra a reparação de tal tecido (BARBERI et al., 2013). A Fase de Degeneração, marcada pela necrose e proteólise da miofibrila (OBERG; ENGEL, 1977); Fase de Inflamação, caracterizada pelas ações de neutrófilos e macrófagos, os quais removem o tecido danificado, auxiliam na ativação de células tronco de reparação e exercem efeito pró-proliferativo sobre as células satélite (ARNOLD et al., 2007; BENCZE et al., 2012; TIDBALL; VILLALTA, 2010); Fase de Regeneração Ativa, período em que ocorre a ativação das células satélites e a iniciação da regeneração das fibras em mioblastos (ARNOLD et al., 2007; ZAMMIT et al., 2002); e finalmente a Fase de Remodelação, fortemente caracterizada pela maturação do aparato de contração e a remodelação da matriz extracelular (BARBERI et al., 2013; GOETSCH et al., 2003).

Embora grande parte dos estudos disponíveis investigando os mecanismos de reparação do tecido muscular envolvam modelos animais ou o tecido muscular de adultos, a partir destes estudos é possível observar importantes considerações sobre os elementos que regulam tais mecanismos, especialmente na atividade das células satélites (BARBERI et al., 2013; FORCINA et al., 2019; HAWKE; GARRY, 2001; VERDIJK et al., 2014). Dentre estes elementos reguladores destaca-se o grau de dano gerado pela contração muscular (CHOENFELD, 2010; HYLDAHL et al., 2014; VIERCK et al., 2000), o qual promove o influxo de macrófagos e a ativação de células satélites (HAWKE; GARRY, 2001; HYLDAHL et al., 2014), e destacam-se também a presença da testosterona e dos fatores de crescimento semelhantes a insulina (IGF1 e IGF2), os quais estimulam a proliferação e a diferenciação das células satélites (CHOENFELD, 2010; FORCINA et al., 2019; HAWKE; GARRY, 2001; JOUBERT; TOBIN, 1995).

Neste sentido, visto que a disponibilidade de testosterona, GH, IGF1 e IGF2 liberadas pelo eixo hipotálamo-hipofisário sofrem influências do progresso da maturação, aumentando a disponibilidade nos adolescentes avançados em maturidade (ESOTERIX INC., 2020; MALINA; BOUCHARD; BAR-OR, 2009; MARTHA et al., 1989), conjuntamente ao dano muscular mais elevado nos grupos Precoce e No Tempo em 0h, é plausível observar uma racionalidade sobre o comportamento do dano muscular elevado apenas no grupo Tardio em 24h. Indicando que a maturação biológica parece influenciar os mecanismos envolvidos

na reparação do tecido muscular, gerando menor capacidade de recuperação no grupo Tardio.

### **Percepção de DOMS**

Vinculado ao dano muscular está o surgimento da DOMS (HOTFIEL et al., 2018), a qual é caracterizada pelo desconforto em uma determinada região muscular ou em diversas, manifestando-se imediatamente após o intenso esforço físico e podendo perdurar por um ou mais dias (BRANCACCIO; LIPPI; MAFFULLI, 2010; OWENS et al., 2019; PEAKE et al., 2017; SILVA et al., 2018). Assim sendo, o presente estudo buscou observar possíveis influências da maturação biológica sobre o comportamento da DOMS após a partida.

Os achados mostram que independentemente do grupo de maturidade, há a manifestação da DOMS imediatamente após a partida (0h). De fato, este comportamento parece ser esperado devido à realização dos esforços físicos envolvidos na partida (HOTFIEL et al., 2018) e corrobora com o encontrado por outros estudos envolvendo futebolistas adolescentes em diferentes contextos, seja após uma partida (DE STE CROIX et al., 2019), após uma sessão de treinamento (OLIVEIRA; FRISSELLI; DEMINICE, 2019), ou após um teste físico com corridas intermitentes (KUNZ et al., 2019; NÉDÉLEC et al., 2013).

O pico de DOMS para os grupos Precoce e No Tempo, se manteve similar entre os momentos 0h e 24h, enquanto no grupo Precoce o pico se manteve similar entre os momentos 24h e 48h. De maneira geral, este padrão de pico entre 0h e 48h tem sido também observado por outros estudos que investigaram indicadores de percepção de dor nesta população (KUNZ et al., 2019; NÉDÉLEC et al., 2013; OLIVEIRA; FRISSELLI; DEMINICE, 2019). Além disso, ao comparar a intensidade da DOMS, os resultados observados confirmam a hipótese inicial do estudo, mostrando que a maior intensidade da DOMS é apresentada pelo grupo Precoce do que seus pares. Por sua vez, em relação à duração da DOMS, os resultados encontrados não confirmaram a hipótese inicial do estudo e mostram que a DOMS permaneceu elevada por um período maior nos grupos No Tempo e Tardio (72h) do que no grupo Precoce (48h). Entretanto, este padrão geral de presença da DOMS de 48h a 72h, corrobora com o encontrado por Nédélec et al., (2013) e por Oliveira; Frisselli e Deminice (2019).

Tal como no cenário da fadiga muscular e do dano muscular, apenas o estudo de De Ste Croix et al., (2019) procurou observar possíveis influências da maturação sobre a percepção de dor muscular em resposta a partida. Embora os estudos tenham utilizado de protocolos diferentes para avaliar a percepção de dor. Em ambos os estudos a dor muscular se manifestou em resposta a partida, independentemente do grupo de maturidade, bem como, a maior intensidade de dor foi verificada nos grupos de maturidade mais avançada (Pós-PVC e Precoce).

A DOMS significativamente mais intensa no grupo Precoce parece ser primordialmente provocada pelo dano muscular mais elevado destes indivíduos, pois, a liberação de substâncias pró-inflamatórias (neutrófilos, macrófagos, prostaglandinas, interleucinas, TNF- $\alpha$ ), a pressão osmótica gerada pelo influxo de fluídos proteicos dentro da própria fibra muscular e os edemas, estimulam os nociceptores promovendo a sensibilização da dor (CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003; KIM; LEE, 2014; UCHIDA et al., 2009). Além disso, os nociceptores estão também presentes no tecido conjuntivo que reveste as fibras musculares, podendo aumentar a sensibilização dos mesmos quando há o rompimento associado do tecido conjuntivo e do tecido muscular (CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003). Por outro lado, a duração menor da DOMS no grupo Precoce do que em seus pares, pode ser originada devido a melhor ativação dos mecanismos de reparação do tecido lesionado, especialmente os envolvidos na potencialização da ação das células satélites, como as influências hormonais e do grau de lesão (BARBERI et al., 2013; CHOENFELD, 2010; FORCINA et al., 2019; HAWKE; GARRY, 2001; JOUBERT; TOBIN, 1995), o que implica em menor tempo sob os efeitos deletérios da sensibilização da dor.

### **Limitações e relevância do estudo**

Devido às características de miscigenação da população Brasileira, não foi possível considerar o fator raça (brancos, negros, pardos entre outros) na amostra avaliada, visto que indivíduos da raça negra tem certa pré-disposição a apresentar maior concentração de indicadores de dano muscular e o tamanho amostral reduzido no grupo de maturidade Tardio (n=7) que pode dificultar as interpretações e extrapolação dos resultados. Como pontos positivos destaca-se que a amostra

avaliada foi composta por jovens futebolistas que participavam de competições oficiais e eram os atuais campeões estaduais da categoria, a utilização da IO como o indicador de maturidade, o monitoramento e o controle das variáveis de carga interna e externa da partida e o *design* do estudo, composto por acompanhamento por até 72h após a partida, o que possibilita observar e interpretar melhor o comportamento dos indicadores avaliados e a recuperação dos futebolistas.

## CONCLUSÃO

Em conclusão, os resultados encontrados mostram que não houve manifestação da fadiga muscular nos indicadores avaliados, independentemente do *status* de maturidade e do tempo de recuperação após a partida. Entretanto a maturidade óssea influenciou a intensidade dos impactos sobre o dano muscular (CK) e sobre a DOMS, ao observar que os futebolistas Precoces foram afetados agudamente com maior intensidade. Além disso, os achados demonstram que a maturidade pode influenciar a duração do impacto fisiológico de uma partida, sendo que os futebolistas do grupo Precoce foram mais eficientes quanto à sua recuperação.

## REFERÊNCIAS

- ANDRZEJEWSKI, M. et al. Influence of speed training loads on the activity of creatine kinase and lactic dehydrogenase and the concentration of oxypurines in blood samples of young football players. **Medycyna Sportowa**, v. 24, n. 3, p. 149–158, 2008.
- ANDRZEJEWSKI, M.; CHMURA, J. The influence of individualizing physical loads on speed, creatine kinase activity and lactate dehydrogenase in football players. **Biology of Sport**, v. 25, n. 2, p. 177–186, 2008.
- AQUINO, R. L. Q. T. et al. Biochemical, physical and tactical analysis of a simulated game in young soccer players. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 56, n. 12, p. 1554–1561, 2016. a.
- AQUINO, R. L. Q. T. et al. Periodization training focused on technical-tactical ability in young soccer players positively affects biochemical markers and game performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 10, p. 2723–2732, 2016. b.
- ARNOLD, L. et al. Inflammatory monocytes recruited after skeletal muscle injury

switch into antiinflammatory macrophages to support myogenesis. **Journal of Experimental Medicine**, v. 204, n. 5, p. 1057–1069, 2007.

ASADI, A. et al. The effects of maturation on jumping ability and sprint adaptations to plyometric training in youth soccer players. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 21, p. 2405–2411, 2018.

ATASHAK, S.; JAFARI, A. Effect of short-term creatine monohydrate supplementation on indirect markers of cellular damage in young soccer players. **Science and Sports**, v. 27, n. 2, p. 88–93, 2012.

BARBERI, L. et al. Age-dependent alteration in muscle regeneration: The critical role of tissue niche. **Biogerontology**, v. 14, n. 3, p. 273–292, 2013.

BENCZE, M. et al. Proinflammatory macrophages enhance the regenerative capacity of human myoblasts by modifying their kinetics of proliferation and differentiation. **Molecular Therapy**, v. 20, n. 11, p. 2168–2179, 2012.

BORGES, P. H. et al. Relationship between body size variables and performance in repeated *sprints* test in young soccer players. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 26, n. 4, p. 275–280, 2018.

BOSCO, C.; LUHTANEN, P.; KOMI, P. V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 50, n. 2, p. 273–282, 1983.

BRANCACCIO, P. et al. Serum Enzyme Monitoring in Sports Medicine. **Clinics in Sports Medicine**, v. 27, n. 1, p. 1–18, 2008.

BRANCACCIO, P.; LIPPI, G.; MAFFULLI, N. Biochemical markers of muscular damage. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**, v. 48, n. 6, p. 757–767, 2010.

BRANCACCIO, P.; MAFFULLI, N.; LIMONGELLI, F. M. Creatine kinase monitoring in sport medicine. **British Medical Bulletin**, v. 81–82, n. 1, p. 209–230, 2007.

BUCHHEIT, M.; MENDEZ-VILLANUEVA, A. Effects of age, maturity and body dimensions on match running performance in highly trained under-15 soccer players. **Journal of Sports Sciences**, v. 32, n. 13, p. 1271–1278, 2014.

CABRAL, L. L. et al. A systematic review of cross-cultural adaptation and validation of Borg's Rating Of Perceived Exertion Scale. **Journal of Physical Education (Maringá)**, v. 28, n. 1, p. 1–13, 2017.

CARVALHO, H. M. et al. Pubertal development of body size and soccer-specific functional capacities in adolescent players. **Research in Sports Medicine**, v. 25, n. 4, p. 421–436, 2017.

CHEUNG, K.; HUME, P.; MAXWELL, L. Delayed onset muscle soreness : treatment

strategies and performance factors. **Sports Medicine**, v. 33, n. 2, p. 145–164, 2003.

CHOENFELD, B. J. THE MECHANISMS OF MUSCLE HYPERTROPHY AND THEIR APPLICATION TO RESISTANCE TRAINING. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2857–2872, 2010.

COELHO-E-SILVA, M. J. et al. Discrimination of U-14 soccer players by level and position. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 11, p. 790–796, 2010.

DE NARDI, M. . et al. Effects of cold-water immersion and contrast-water therapy after training in young soccer players. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 51, n. 4, p. 609–615, 2011.

DE STE CROIX, M. et al. Does maturation influence neuromuscular performance and muscle damage after competitive match-play in youth male soccer players? **European Journal of Sport Science**, v. 19, n. 8, p. 1130–1139, 2019.

DEPREZ, D. et al. Longitudinal Development of Explosive Leg Power from Childhood to Adulthood in Soccer Players. **International Journal of Sports Medicine**, v. 36, n. 8, p. 672–679, 2015.

DEVARNJA, A.; MATKOVIĆ, B. R. The effects of a soccer match on muscle damage indicators. **Kinesiology**, v. 50, n. 1, p. 112–123, 2018.

DOEVEN, S. H. et al. Postmatch recovery of physical performance and biochemical markers in team ball sports: A systematic review. **BMJ Open Sport and Exercise Medicine**, v. 4, n. 1, p. 1–10, 2018.

DUARTE, M.; OKUNO, E. **Física do Futebol: Mecânica**, Oficina de Textos, 2012.

ERIKSSON, B. O. . Muscle metabolism in children-a review. **Acta Paediatrica**, v. 29, p. 20–27, 1980.

ESOTERIX INC. **Endocrinology: Expected Values and S.I. Unit Conversion Tables**. Calabasas Hills, CA: Esoteric, Inc, 2020.

FIELDS, D. A.; GORAN, M. I. Body composition techniques and the four-compartment model in children. **Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 2, p. 613–620, 2000.

FITZPATRICK, J. F. et al. Sensitivity and reproducibility of a fatigue response in elite youth football players. **Science and Medicine in Football**, v. 3, n. 3, p. 214–220, 2019. a.

FITZPATRICK, J. F. et al. The Reliability of Potential Fatigue-Monitoring Measures in Elite Youth Soccer Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. Ahead of a, 2019. b.

FORCINA, L. et al. An Overview About the Biology of Skeletal Muscle Satellite Cells. **Current Genomics**, v. 20, n. 1, p. 24–37, 2019.

FOSTER, C. et al. A New Approach to Monitoring Exercise Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 15, n. 1, p. 109–115, 2001.

GOETSCH, S. C. et al. Transcriptional profiling and regulation of the extracellular matrix during muscle regeneration. **Physiological Genomics**, United States, v. 14, n. 3, p. 261–271, 2003.

GORDON, C. C.; CHUMLEA, W. C.; ROCHE, A. F. Stature, recumbent length, and weight. In: LOHMAN, T. G. ; ROCHE, A. F. ; MARTORELL, R. . (Eds.). **Anthropometric Standardization Reference Manual**. Champaign, IL: Champaign: Human Kinetics Books, 1988. p. 3–8.

GOUVEA, M. et al. Influence of skeletal maturity on size , function and sport-specific technical skills in youth soccer players. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 6, p. 464–469, 2016.

HAMMOUDA, O. et al. Diurnal variations of plasma homocysteine, total antioxidant status, and biological markers of muscle injury during repeated sprint: Effect on performance and muscle fatigue pilot study. **Chronobiology International**, v. 28, n. 10, p. 958–967, 2011.

HAMMOUDA, O. et al. Morning-to-evening difference of biomarkers of muscle injury and antioxidant status in young trained soccer players. **Biological Rhythm Research**, v. 43, n. 4, p. 431–438, 2012. a.

HAMMOUDA, O. et al. High intensity exercise affects diurnal variation of some biological markers in trained subjects. **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 11, p. 886–891, 2012. b.

HAMMOUDA, O. et al. Time-of-day effects on biochemical responses to soccer-specific endurance in elite Tunisian football players. **Journal of Sports Sciences**, v. 31, n. 9, p. 963–971, 2013. a.

HAMMOUDA, O. et al. Biochemical responses to level-1 Yo-Yo intermittent recovery test in young Tunisian football players. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 4, n. 1, p. 23–28, 2013. b.

HAWKE, T. J.; GARRY, D. J. Myogenic satellite cells: Physiology to molecular biology. **Journal of Applied Physiology**, v. 91, n. 2, p. 534–551, 2001.

HOTFIEL, T. et al. Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness ( DOMS ): Part I : Pathogenesis and Diagnostics Delayed Onset Muscle Soreness. **Sportverl Sportschad**, v. 32, n. 04, p. 243–250, 2018.

HYLDAHL, R. D. et al. Satellite cell activity is differentially affected by contraction mode in human muscle following a work-matched bout of exercise. **Frontiers in Physiology**, v. 5, n. Nov, p. 1–11, 2014.

JOUBERT, Y.; TOBIN, C. Testosterone treatment results in quiescent satellite cells being activated and recruited into cell cycle in rat levator ani muscle.

**Developmental Biology**, United States, v. 169, n. 1, p. 286–294, 1995.

KIM, J.; LEE, J. A review of nutritional intervention on delayed onset muscle soreness. Part I. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 10, n. 6, p. 349–356, 2014.

KINUGASA, T.; KILDING, A. E. A comparison of post-match recovery strategies in youth soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 5, p. 1402–1407, 2009.

KUNZ, P. et al. Intra- and Post-match Time-Course of Indicators Related to Perceived and Performance Fatigability and Recovery in Elite Youth Soccer Players. **Frontiers in Physiology**, v. 10, n. November, p. 1–11, 2019.

LOHMAN, T. G. Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. **Exercise and Sports Sciences Reviews**, v. 14, n. 1, p. 325–357, 1986.

MALINA, R. M. et al. Skeletal age in youth soccer players: implication for age verification. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 20, n. 6, p. 469–474, 2010.

MALINA, R. M. et al. Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. **British Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 13, p. 852–859, 2015.

MALINA, R. M.; BOUCHARD, C.; BAR-OR, O. **Crescimento, Maturação e Atividade Física**, São Paulo: Phorte, 2009.

MALONE, J. et al. Countermovement jump performance is not affected during an in-season training microcycle in elite youth soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 3, p. 752–757, 2015.

MARKOVIC, G. et al. Reliability and Factorial Validity of Squat and Countermovement Jump Tests. **Journal of Strength And Conditioning Research**, v. 18, n. 3, p. 551–555, 2004.

MARTHA, P. M. J. et al. Alterations in the pulsatile properties of circulating growth hormone concentrations during puberty in boys. **The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, United States, v. 69, n. 3, p. 563–570, 1989.

MAURO, A. Satellite cell of skeletal muscle fibers. **The Journal of Biophysical and Biochemical Cytology**, v. 9, p. 493–495, 1961.

MIYAMA, M.; NOSAKA, K. Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 2, p. 206–211, 2004.

NÉDÉLEC, M. et al. Recovery in Soccer: Part I-post-match fatigue and time course of recovery. **Sports Medicine**, v. 42, n. 12, p. 997–1015, 2012.

NÉDÉLEC, M. et al. Physical performance and subjective ratings after a soccer-specific exercise simulation: Comparison of natural grass versus artificial turf. **Journal of Sports Sciences**, v. 31, n. 5, p. 529–536, 2013.

NOSAKA, K.; NEWTON, M.; SACCO, P. Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 12, n. 6, p. 337–346, 2002.

O'BRIEN, T. D. et al. In vivo measurements of muscle specific tension in adults and children. **Experimental physiology**, v. 95, n. 1, p. 202–210, 2010.

OBERC, M. A.; ENGEL, W. K. Ultrastructural localization of calcium in normal and abnormal skeletal muscle. **Laboratory investigation; a journal of technical methods and pathology**, v. 36, n. 6, p. 566–577, 1977.

OLIVEIRA, D. C. X.; FRISSELLI, A.; DEMINICE, R. Football training session rises creatine kinase but does not impair performance. **Motriz**, v. 25, n. 3, 2019.

OLIVER, J.; ARMSTRONG, N.; WILLIAMS, C. Changes in jump performance and muscle activity following soccer-specific exercise. **Journal of Sports Sciences**, v. 26, n. 2, p. 141–148, 2008.

OWENS, D. J. et al. Exercise-induced muscle damage: What is it, what causes it and what are the nutritional solutions? **European Journal of Sport Science**, v. 19, n. 1, p. 71–85, 2019.

PEAKE, J. M. et al. Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 3, p. 559–570, 2017.

RADNOR, J. M. et al. The Influence of Growth and Maturation on Stretch-Shortening Cycle Function in Youth. **Sports Medicine**, v. 48, n. 1, p. 57–71, 2017.

RAFFALT, P. C.; ALKJÆR, T.; SIMONSEN, E. B. Intra-subject variability in muscle activity and co-contraction during jumps and landings in children and adults. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 27, n. 8, p. 820–831, 2017.

RATEL, S.; MARTIN, V. Is There a Progressive Withdrawal of Physiological Protections against High-Intensity Exercise-Induced Fatigue during Puberty? **Sports**, v. 3, n. 4, p. 346–357, 2015.

ROWSELL, G. J. et al. Effects of cold-water immersion on physical performance between successive matches in high-performance junior male soccer players. **Journal of Sports Sciences**, v. 27, n. 6, p. 565–573, 2009.

SARMENTO, H. et al. Talent Identification and Development in Male Football: A Systematic Review. **Sports Medicine**, v. 48, n. 4, p. 907–931, 2018.

SHIMI, I. et al. The effect of time of day and recovery type after a football game on

muscle damage and performance in anaerobic tests on young soccer players. **Biological Rhythm Research**, v. 47, n. 5, p. 797–814, 2016.

SILVA, J. R. et al. Acute and Residual Soccer Match-Related Fatigue: A Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 48, n. 3, p. 539–583, 2018.

SIRI, W. E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. **Techniques for measuring body composition**, v. 61, p. 223–244, 1961.

STOLEN, T. et al. Applied Physiology of Soccer. **Sports Medicine**, v. 3, n. 1, p. 50–60, 2005.

TANNER, J. M. et al. **Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW3 Method)**. 3. ed. Londres: W.B. Saunders, 2001.

TIDBALL, J. G.; VILLALTA, S. A. Regulatory interactions between muscle and the immune system during muscle regeneration. **American Journal of Physiology**, v. 298, n. 5, p. R1173–R1187, 2010.

UCHIDA, M. C. et al. Effect of bench press exercise intensity on muscle soreness and inflammatory mediators. **Journal of Sports Sciences**, v. 27, n. 5, p. 499–507, 2009.

UNNITHAN, V. et al. Talent identification in youth soccer. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 15, p. 1719–1726, 2012.

VAN HOOREN, B.; ZOLOTARJOVA, J. The Difference between Countermovement and Squat Jump Performances: A Review of Underlying Mechanisms with Practical Applications. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 7, p. 2011–2020, 2017.

VERDIJK, L. B. et al. Satellite cells in human skeletal muscle; From birth to old age. **Age**, v. 36, n. 2, p. 545–557, 2014.

VIEIRA, L. H. P. et al. Match Running Performance in Young Soccer Players: A Systematic Review. **Sports Medicine**, v. 49, n. 2, p. 289–318, 2019. a.

VIEIRA, L. H. P. et al. Team Dynamics, Running, and Skill-Related Performances of Brazilian U11 to Professional Soccer Players During Official Matches. **Journal of strength and conditioning research**, v. 33, n. 8, p. 2202–2216, 2019. b.

VIERCK, J. et al. Satellite cell regulation following myotrauma caused by resistance exercise. **Cell biology international**, v. 24, n. 5, p. 263–272, 2000.

ZAMMIT, P. S. et al. Kinetics of myoblast proliferation show that resident satellite cells are competent to fully regenerate skeletal muscle fibers. **Experimental cell research**, v. 281, n. 1, p. 39–49, 2002.

## CAPÍTULO 4

### 4 ARTIGO ORIGINAL

4.1 RELAÇÃO ENTRE O TAMANHO CORPORAL E A IDADE ÓSSEA COM OS INDICADORES RELACIONADOS AO DANO MUSCULAR EM JOVENS FUTEBOLISTAS.

#### RESUMO

O objetivo do estudo foi verificar a relação entre indicadores de tamanho corporal e a idade óssea com o comportamento do dano muscular e da DOMS, após uma partida nas categorias Sub-13 e Sub-15. Avaliou-se o comportamento da Creatina Quinase (CK), Lactato Desidrogenase (LDH) e da DOMS nos momentos pré-partida, imediatamente após a partida (0h), 24h, 48h e 72h após a partida. A amostra foi composta por 28 jovens futebolistas da categoria Sub-13 ( $12,72 \pm 0,55$  anos) e por 16 futebolistas da categoria Sub-15 ( $14,49 \pm 0,24$  anos). Os achados do presente estudo mostram que o dano muscular se encontra elevado no momento 0h na categoria Sub-13 ( $P < 0,05$ ) e do momento 0h até 24h na categoria Sub-15 ( $P < 0,05$ ), enquanto a DOMS se eleva desde o momento 0h até 72h após a partida na categoria Sub-13 ( $P < 0,05$ ) e do momento 0h até 48h na categoria Sub15 ( $P < 0,05$ ). Além disso, houve associações significativas da IO e da massa livre de gordura (MLG) com o dano muscular e com a DOMS apenas na categoria Sub-13 ( $P < 0,05$ ), especificamente no momento 0h, em que a IO explicou 56% da CK e 45% da DOMS e a MLG explicou 45% da DOMS. Conclui-se que a categoria Sub-13 necessita de 24h para recuperar os índices de dano muscular pré partida e mais de 72h para recuperar a DOMS. Enquanto a categoria Sub-15 necessita de 48h para recuperar o dano muscular e de 72h para recuperar o comportamento da DOMS. Ademais, para a categoria Sub-13 o aumento da IO está associado significativamente ao aumento do dano muscular, bem como o aumento da MLG está associada ao aumento dano muscular e da DOMS.

**Palavras-chave:** Futebol. Crescimento. Adolescentes. Dano Muscular. Mialgia.

#### INTRODUÇÃO

A adolescência é um período de grande importância para a carreira dos jogadores de futebol, pois, é durante este período que ocorre a seleção do jovem atleta para as academias de formação (SARMENTO et al., 2018; UNNITHAN et al., 2012). No entanto, é característico entre a faixa etária dos 13 aos 15 anos de idade, as altas taxas de crescimento em todos os órgãos e tecidos corporais,

caracterizando grande variação do tamanho corporal entre os indivíduos do sexo masculino (MALINA; BOUCHARD; BAR-OR, 2009). Esta variação corporal e sua interação com o progresso da idade cronológica e da maturação biológica, pode provocar grande influência sobre o desempenho físico geral dos jovens futebolistas (BORGES et al., 2018b; BUCHHEIT; MENDEZ-VILLANUEVA, 2014; CARVALHO et al., 2017; COELHO-E-SILVA et al., 2010; MALINA et al., 2015; PHILIPPAERTS et al., 2006).

Neste sentido, a literatura tem mostrado que durante o período do crescimento acelerado, indicadores maturacionais, como a idade óssea (IO) e o pico de velocidade do crescimento (PVC) e indicadores de tamanho corporal, como a estatura e a massa corporal, estão correlacionadas positivamente com o melhor desempenho de futebolistas em atividades de corrida de alta intensidade, seja em testes de *sprints* (BORGES et al., 2018b) ou durante as partidas (BUCHHEIT; MENDEZ-VILLANUEVA, 2014). Por outro lado a corrida de alta intensidade em jovens futebolistas, dentro e acima da faixa etária de crescimento acelerado, está correlacionada positivamente ao aumento no comportamento de indicadores relacionados ao dano muscular, como a creatina quinase (CK) e a lactato desidrogenase (LDH), os quais podem permanecer elevados por 24h ou mais após o final de uma partida (AQUINO et al., 2016b; DJAOUI et al., 2016; VIEIRA et al., 2019).

Apesar de diversos estudos envolvendo futebolistas adolescentes mostrarem que o dano e a DOMS são afetadas após o esforço físico (AQUINO et al., 2016b; DE STE CROIX et al., 2019; OLIVEIRA, FRISSELI, DEMINICE 2019;), nenhum destes estudos abordam qual o impacto e o grau de associação das alterações morfológicas e das alterações relacionadas ao processo de maturação biológica sobre o comportamento do dano e da DOMS após uma partida. Em hipótese pressupõe-se que o comportamento dos indicadores de dano muscular e a DOMS, apresentem-se significativamente mais elevados e positivamente associado em futebolistas de maior tamanho corporal e/ou com idade óssea mais avançada. Para tanto, o presente estudo objetivou verificar a relação entre indicadores de tamanho corporal e a IO com o comportamento do dano muscular e da DOMS, após uma partida nas categorias Sub-13 e Sub-15.

## MÉTODOS

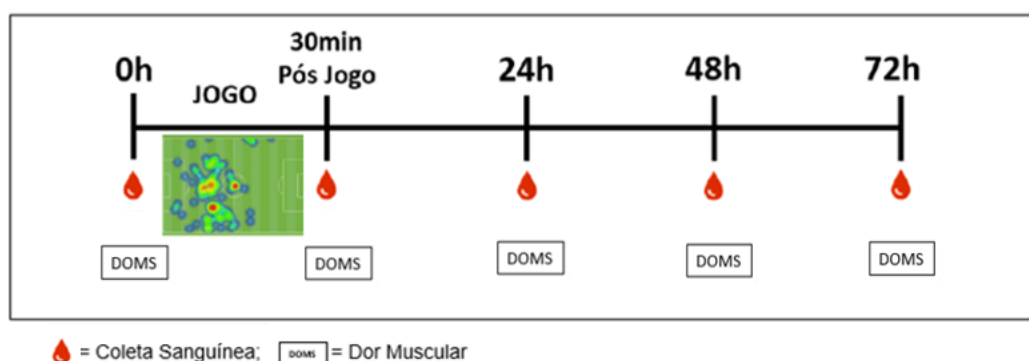
### Participantes

A amostra foi composta por 44 jovens futebolistas pertencentes as categorias Sub-13 (n = 28) e Sub-15 (n = 28) de duas equipes profissionais de futebol da cidade de Londrina – PR. Participaram do estudo apenas os futebolistas que: I) participavam dos treinamentos e competições oficiais pelas equipes; II) concluíram todas as avaliações do projeto; III) estavam livres de lesões ou de quadro de periodontite; IV) apresentaram Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e Termo de Assentimento assinados pelo futebolista e por seu responsável legal. O presente estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa envolvendo seres humanos da universidade local, de acordo com as normas da resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde sob o parecer nº 2.650.232 de 11/05/2018.

### Design Experimental

Conforme segue na Figura 4.1, foram coletadas as amostras sanguíneas e a escala DOMS previamente e após a partida. As partidas realizadas para este estudo foram amistosas, envolvendo duas equipes rivais locais e com duração total de 70min. Todas partidas ocorreram no período da tarde (15:00h; 26,5°C; 81,2%UR) mantendo o horário treinamento e evitando diferenças nas acrofásicas dos indicadores de dano muscular (HAMMOUDA et al., 2011, 2012a, 2012b, 2013b). Solicitou-se aos futebolistas que não realizassem esforços físicos nas 72h prévias à partida. Os treinadores mantiveram os atletas durante toda a partida. Não houve lesões durante as partidas da coleta.

**Figura 4.1.** Desenho experimental



## **Antropometria e composição corporal**

A massa corporal foi obtida com uma balança portátil digital Seca Modelo 813®, com precisão de 0,1kg e a estatura por um estadiômetro portátil *Harpender*®, com precisão de 0,1cm, de acordo com os procedimentos descritos por Gordon; Chumlea e Roche (1988). Na estimativa da composição corporal utilizou-se a técnica de pletismografia de corpo inteiro, realizada no *Body Composition System*® (*BOD POD, Life Measurement Inc., Concord, CA, USA*), de acordo com os procedimentos descritos por Fields e Goran (2000). A massa livre de gordura (MLG) foi estimada a partir da densidade corporal com base no modelo de dois compartimentos, utilizando equação de Siri (1961) ajustada pelas constantes descritas por Lohman (1986).

## **Idade cronológica e idade óssea**

A idade cronológica (IC) foi estabelecida da diferença entre a data de nascimento e a data de realização da radiografia anteroposterior de mão e punho. A idade óssea (IO) foi estimada por meio de exame de radiografia, coletadas em uma única clínica e posteriormente analisadas por um único avaliador treinado utilizando o método Tanner-Whitehouse 3 (TW3) (TANNER et al., 2001). Os índices de qualidade da medida do avaliador na estimativa da IO, com coeficiente de correlação intraclasse de 0,97 ( $P < 0,001$ ) e o erro intra-observador de 0,26 anos.

## **Dano muscular**

Como indicadores de dano muscular foi avaliada a concentração de CK e da LDH por até 72h após a partida, tendo como parâmetro a concentração pré partida. 6ml de amostra sanguínea foram coletados da região ante cubital por um enfermeiro capacitado. O sangue foi armazenado em um tubo heparinizado *Vacutainer*® e mantido em ambiente resfriado (~4°C) para transporte (~30min) e posteriormente centrifugado (1000g por 15min. a 4°C). Após a centrifugação 1,5ml de plasma e foi congelado a -80°C para análises posteriores. As análises de ambos os indicadores foram realizadas seguindo as instruções dos *kits* comerciais *Labtest*® (Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil), mensurados em um leitor de microplaca *Epoch* (*BioTek*

*instruments, Winooski, USA*) utilizando técnica de fotolorimetria. As análises foram realizadas em duplicata e o coeficiente de variação foi menor do que 5%.

### **Dor muscular de início tardio (DOMS)**

A DOMS foi coletada utilizando uma escala com valores de zero a 10, em que, zero representa “Nenhuma Dor” e 10 a “Pior Dor Possível” (Apêndice D) similarmente à protocolos previamente utilizados (MIYAMA; NOSAKA, 2004; NOSAKA; NEWTON; SACCO, 2002; OLIVEIRA; FRISSELLI; DEMINICE, 2019). Para a avaliação, um único avaliador realizou um estímulo de pressão com os dedos mediais e indicador da mão, sobre os músculos abdominais, quadríceps femoral, gastrocnêmio e isquiotibiais, os atletas estavam posicionados sobre a ponta dos pés em flexão de joelho a 90°, mantendo a musculatura avaliada ativada. Feito isso, os atletas relataram uma classificação geral da DOMS.

### **Carga interna e externa durante a partida**

A intensidade da partida foi avaliada com equipamento portátil *Global Positioning System* (GPS) (peso 80 g; dimensões 91 x 45 X 21 mm) modelo *SPI-ProX2* (*SPI Elite, GPSports Systems*, Austrália), o qual possui um acelerômetro de 100Hz e compatibilidade com o *Polar Team System II* (*Polar Electro*, Kempele, Finlândia) para monitoramento da frequência cardíaca (FC). O GPS foi posicionado entre as escapulas dentro de um bolso de um mini colete. Os dados posicionais foram coletados e registrados em uma frequência de 5Hz e interpolados à 15Hz. Posteriormente a aquisição do padrão de deslocamento (m), *Body Load* (U.A.) e da FC (bpm) foram realizadas uma rotina tratada no software *Matlab* (*The MathWorks, Inc., Natick, USA*).

### **ANÁLISE ESTATÍSTICA**

A normalidade dos dados foi verificada por meio de assimetria e curtose. Os dados foram descritos em média e desvio padrão. Utilizou-se o Teste T de Student independente para comparar as características descritivas, os indicadores de dano muscular, a DOMS e as variáveis de carga interna e externa entre as categorias Sub-

13 e Sub-15. O dano muscular e a DOMS em relação ao fator tempo, foi comparado empregando a *Generalized Estimating Equations* (GEE), ajustada pelos indicadores de carga da partida, *body load*, distância percorrida em velocidade alta e muito alta e pelo tempo percentual de jogo nas faixas 4,5 e 6 da FC. Utilizou-se de correlação linear parcial, ajustada pelos referidos indicadores de carga da partida, para verificar a correlação entre a idade óssea e indicadores de tamanho corporal com os indicadores de dano muscular e com a DOMS. Os coeficientes das correlações foram classificados em: trivial ( $r < 0,1$ ), pequeno ( $r 0,1$  a  $< 0,3$ ), moderado ( $r 0,3$  a  $< 0,5$ ), grande ( $r 0,5$  a  $< 0,7$ ), muito grande ( $r 0,7$  a  $< 0,9$ ), perfeito ( $r 0,9$  a  $1$ ) (HOPKINS; MARSHALL, S. W.; BATTERHAM; HANIN, 2009). A magnitude e associação das correlações entre as variáveis de tamanho corporal e os indicadores de dano muscular e a DOMS foram verificadas por meio da aplicação de regressão linear. Os dados foram processados no pacote estatístico SPSS versão 24.0. Utilizou-se *post-hoc* de Bonferroni nas comparações com significância estatística adotada de  $P < 0,05$ .

## RESULTADOS

As características descritivas da amostra mostram que os futebolistas da categoria Sub-15 são 18cm mais altos, 15,7kg mais pesados e têm 15,5kg a mais de MLG do que seus pares da categoria Sub-13 ( $P < 0,001$ ) (Tabela 4.1). A categoria Sub-15 apresentou maior CK do que a Sub-13 nos momentos 24h, 48h e 72h ( $P < 0,05$ ) em cerca de 191U/l, 86U/l e 61U/l respectivamente. Além disso a categoria Sub-15 apresentou maior intensidade de DOMS no momento 0h ( $P < 0,05$ ), na ordem de 1,12 U.A. No entanto, a categoria Sub-13 apresentou maior intensidade de DOMS do que a categoria Sub-15 nos momentos 48h e 72h após a partida (1,2 e 1,8 U.A. a mais, respectivamente).

A Tabela 4.2 apresenta o comportamento dos indicadores de carga interna e externa da partida. Observa-se ao comparar as categorias Sub-13 e Sub-15, que a categoria Sub-15 atingiu cerca de 2,2km/h a mais de velocidade pico e gastou aproximadamente 5% e 12% a mais de tempo em faixas de baixa intensidade da FC (FC 2 e 3, respectivamente) do que a categoria Sub-13. Porém, a categoria Sub-13 percorreu cerca de 153,56 m a mais do que a Sub-15 na faixa de velocidade Alta, e ainda passou mais tempo do que a Sub-15, nas faixas de alta intensidade da FC5 (11%) e FC6 (4%).

**Tabela 4.1.** Características descritivas e comportamento dos indicadores de dano muscular e da DOMS, estratificadas em amostra geral e por categorias (n = 44).

Variável	Geral (n = 44)	Sub-13 (n = 28)	Sub-15 (n = 16)	P
IC (anos)	13,36 ± 0,98	12,72 ± 0,55	<b>14,49 ± 0,24</b>	< 0,001
IO (anos)	13,42 ± 1,50	12,64 ± 1,11	<b>14,80 ± 1,02</b>	< 0,001
Estatura (cm)	161,11 ± 11,97	154,55 ± 8,47	<b>172,59 ± 7,80</b>	< 0,001
MC (kg)	49,91 ± 10,85	44,18 ± 7,56	<b>59,93 ± 8,14</b>	< 0,001
MLG (kg)	43,96 ± 10,07	38,33 ± 6,54	<b>53,81 ± 7,15</b>	< 0,001
CK Pré (U/l)	220,49 ± 154,42	195,55 ± 154,78	264,14 ± 148,46	0,159
CK 0h (U/l)	364,13 ± 242,97	321,22 ± 241,00	439,22 ± 235,03	0,122
CK 24h (U/l)	323,32 ± 220,51	253,86 ± 171,52	<b>444,89 ± 248,32</b>	<b>0,004</b>
CK 48h (U/l)	211,20 ± 116,61	179,80 ± 118,56	<b>266,15 ± 92,80</b>	<b>0,016</b>
CK 72h (U/l)	169,98 ± 79,51	147,73 ± 77,99	<b>208,92 ± 68,08</b>	<b>0,012</b>
LDH Pré (U/l)	182,11 ± 48,97	177,66 ± 46,96	189,88 ± 52,94	0,432
LDH 0h (U/l)	222,51 ± 51,53	214,60 ± 53,61	236,34 ± 46,03	0,181
LDH 24h (U/l)	190,43 ± 47,98	185,17 ± 45,60	199,64 ± 52,11	0,342
LDH 48h (U/l)	178,59 ± 38,84	170,06 ± 42,35	193,52 ± 26,89	0,053
LDH 72h (U/l)	174,74 ± 39,97	173,84 ± 40,63	176,33 ± 40,04	0,845
DOMS Pré (U.A..)	0,29 ± 0,51	0,29 ± 0,46	0,31 ± 0,60	0,869
DOMS 0h (U.A..)	4,98 ± 1,44	4,57 ± 1,48	<b>5,69 ± 1,08</b>	<b>0,012</b>
DOMS 24h (U.A..)	5,18 ± 1,71	5,07 ± 1,74	5,37 ± 1,71	0,578
DOMS 48h (U.A..)	3,61 ± 1,63	<b>4,04 ± 1,67</b>	2,87 ± 1,31	<b>0,021</b>
DOMS 72h (U.A..)	1,79 ± 1,46	<b>2,46 ± 1,32</b>	0,62 ± 0,81	< 0,001

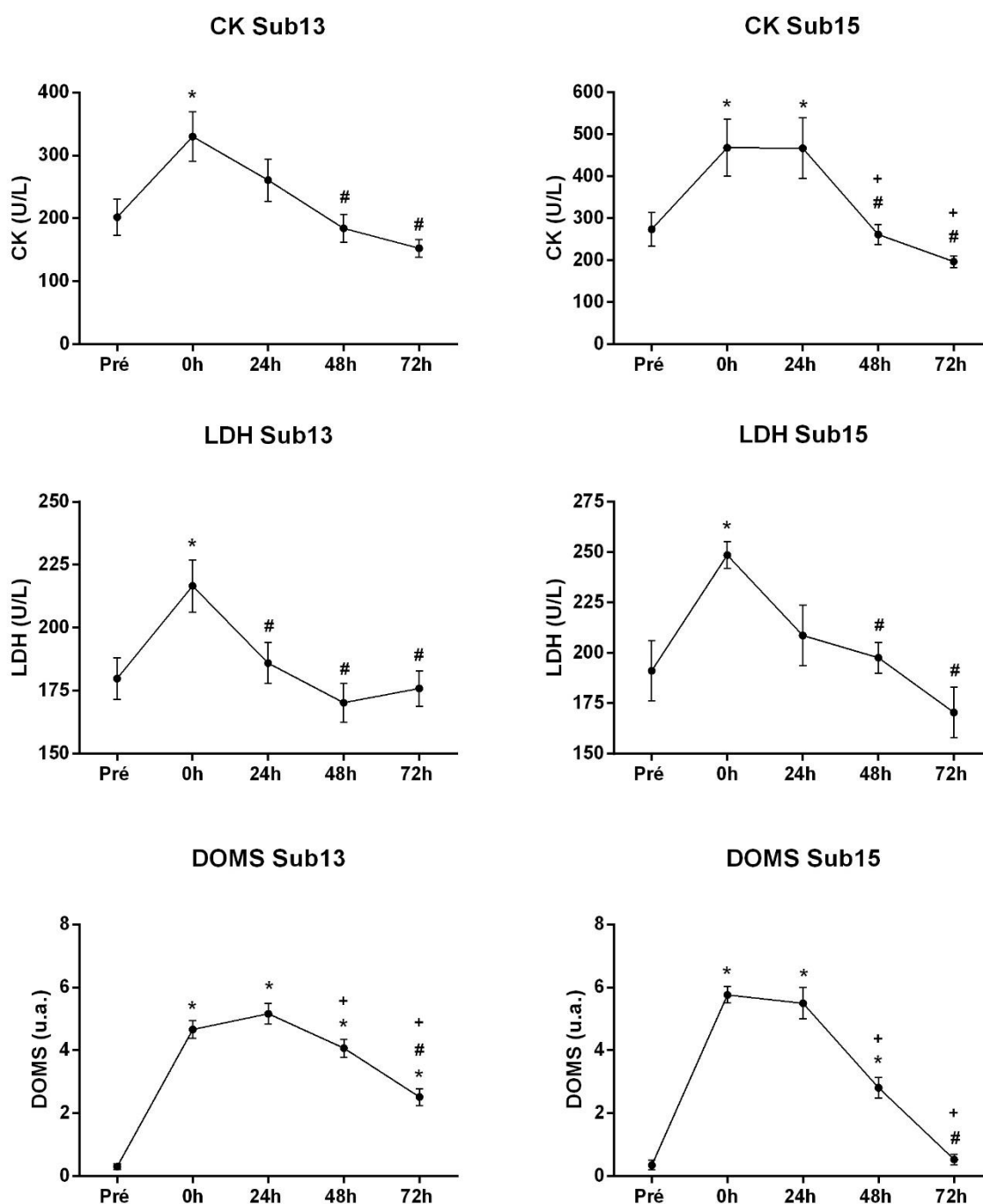
**Nota:** IC = idade cronológica; IO = idade óssea; MC = massa corporal; MLG = massa livre de gordura; CK = creatina quinase; LDH = lactato desidrogenase; DOMS = dor muscular de início tardio; Pré = pré-partida; 0h = imediatamente após a partida; 24h = vinte e quatro horas após a partida; 48h = quarenta e oito horas após a partida; 72h = setenta e duas horas após a partida; P < 0,05.

**Tabela 4.2.** Variáveis de carga interna e externa da partida, estratificadas por amostra geral e por categorias de jogo (n = 44).

Variável	Geral (n = 44)	Sub13 (n = 28)	Sub15 (n = 16)	P
<b>Velocidade Pico (km/h)</b>	27,03 ± 3,02	26,23 ± 3,12	<b>28,43 ± 2,32</b>	<b>0,019</b>
<b>Distância<sub>VMTB</sub> (m)</b>	2097,37 ± 513,37	2047,95 ± 525,13	2183,87 ± 496,59	0,405
<b>Distância<sub>VBX</sub> (m)</b>	2505,32 ± 326,42	2493,36 ± 311,81	2526,24 ± 360,15	0,752
<b>Distância<sub>VMOD</sub> (m)</b>	1822,35 ± 421,06	1844,37 ± 380,45	1783,81 ± 495,17	0,652
<b>Distância<sub>VALT</sub> (m)</b>	720,99 ± 254,25	<b>776,83 ± 291,84</b>	623,27 ± 126,45	<b>0,020</b>
<b>Distância<sub>VMTA</sub> (m)</b>	190,79 ± 97,35	191,89 ± 107,14	188,89 ± 80,60	0,923
<b>Distância Total (m)</b>	7336,82 ± 424,56	7354,39 ± 425,31	7306,08 ± 435,37	0,721
<b>Body Load (U.A..)</b>	30,26 ± 4,05	30,59 ± 3,79	29,67 ± 4,55	0,473
<b>FC<sub>MAX</sub> (bpm)</b>	202,59 ± 7,24	204,18 ± 7,10	199,81 ± 6,85	0,053
<b>Tempo<sub>FC1</sub> (%)</b>	6,48 ± 12,22	6,59 ± 13,86	6,27 ± 9,05	0,934
<b>Tempo<sub>FC2</sub> (%)</b>	4,09 ± 4,65	2,46 ± 2,49	<b>6,94 ± 6,11</b>	<b>0,012</b>
<b>Tempo<sub>FC3</sub> (%)</b>	14,53 ± 9,62	10,17 ± 5,66	<b>22,13 ± 10,50</b>	<b>&lt; 0,001</b>
<b>Tempo<sub>FC4</sub> (%)</b>	35,83 ± 10,36	34,59 ± 9,95	38,00 ± 11,04	0,299
<b>Tempo<sub>FC5</sub> (%)</b>	26,38 ± 12,07	<b>30,54 ± 10,73</b>	19,10 ± 11,03	<b>0,002</b>
<b>Tempo<sub>FC6</sub> (%)</b>	12,69 ± 9,33	<b>15,64 ± 8,91</b>	7,55 ± 7,86	<b>0,004</b>

**Nota:** Velocidade Pico = velocidade pico atingida durante a partida; Distância<sub>VMTB</sub> = distância em velocidade muito baixa; Distância<sub>VBX</sub> = distância em velocidade baixa; Distância<sub>VMOD</sub> = distância em velocidade moderada; Distância<sub>VALT</sub> = distância em velocidade alta; Distância<sub>VMTA</sub> = distância em velocidade muito alta; Distância Total = distância total percorrida; *Body Load* = carga corporal inercial; FC<sub>MAX</sub> = frequência cardíaca máxima atingida na partida; Tempo<sub>FC1</sub> = percentual do tempo da partida na Faixa 1 da frequência cardíaca; Tempo<sub>FC2</sub> = percentual do tempo da partida na Faixa 2 da frequência cardíaca; Tempo<sub>FC3</sub> = percentual do tempo da partida na Faixa 3 da frequência cardíaca; Tempo<sub>FC4</sub> = percentual do tempo da partida na Faixa 4 da frequência cardíaca; Tempo<sub>FC5</sub> = percentual do tempo da partida na Faixa 5 da frequência cardíaca; Tempo<sub>FC6</sub> = percentual do tempo da partida na Faixa 6 da frequência cardíaca; P < 0,05.

**Figura 4.2.** Comportamento dos indicadores de dano muscular e da DOMS em resposta à partida nas categorias Sub-13 e Sub-15.



**Nota:** As comparações foram ajustadas pela distância percorrida nas faixas de velocidade alta e muito alta (911,78 m), *body load* (30,25 U.A.) e percentual de tempo nas faixas de frequência cardíaca 4, 5 e 6 (74,90%); CK = creatina quinase; LDH = lactato desidrogenase; DOMS = dor muscular de início tardio; Pré = pré-partida; 0h = imediatamente após a partida; 24h = vinte e quatro horas após a partida; 48h = quarenta e oito horas após a partida; 72h = setenta e duas horas após a partida; \* = diferente do momento Pré; # = diferente do momento 0h; + = diferente do momento 24h;  $P < 0,05$ .

Em relação ao momento pré partida, a concentração de CK na categoria Sub-13 aumentou significativamente em cerca de 64% atingindo seu pico no momento 0h ( $P < 0,05$ ), por sua vez, na categoria Sub-15 a CK aumentou e atingiu o seu pico similarmente nos momentos 0h e 24h, com aumentos na ordem de 66,28% e 68,42%, respectivamente ( $P < 0,05$ ; Figura 4.2). A LDH apresentou comportamento similar em ambas as categorias, atingindo o pico no momento 0h, em que aumentou cerca de 21% na categoria Sub-13 e 24,5% na categoria Sub-15 ( $P < 0,05$ ; Figura 4.2).

A DOMS após a partida na categoria Sub-13 elevou-se significativamente no momento 0h comparado ao momento Pré em cerca de 4,3 U.A. ( $P < 0,05$ ), atingindo o pico no momento 24h com variação de 4,8 U.A. ( $P < 0,05$ ) e permaneceu elevada por até 72h com variação positiva de 2,2 U.A. ( $P < 0,05$ ; Figura 4.2). Enquanto na categoria Sub-15 comparado ao momento pré, a DOMS elevou-se no momento 0h em cerca de 5,4 U.A. atingindo assim seu pico, permanecendo significativamente elevada por até 48h após a partida, com variação positiva de 2,6 U.A. ( $P < 0,05$ ; Figura 4.2). A DOMS foi ainda maior na categoria Sub-15 em comparação a Sub-13 no momento 0h (diferença de 1,1 U.A.  $P < 0,05$ ) e maior na Sub-13 do que na Sub-15 nos momentos 48h e 72h (1,2 U.A. e 1,8U.A., respectivamente;  $P < 0,05$ ; Figura 4.2).

**Tabela 4.3.** Correlações entre a idade óssea e variáveis de tamanho corporal com indicadores de dano muscular e DOMS nas categorias Sub-13 (n=28) e Sub-15 (n=16).

Variáveis	Categoria	Momentos	IO	Massa Corporal	Estatura	MLG
CK	Sub13	0h	0,54	-	-	-
		24h	-	-	-	0,40
LDH	Sub13	72h	-0,41	-	-	-
DOMS	Sub13	0h	0,56	-	-	0,43
		48h	-	-	-0,54	-0,44
		72h	-	-	-0,42	-0,43
	Sub15	72h	-	-0,57	-	-

**Nota:** IO = idade óssea; MLG = massa livre de gordura; DOMS = dor muscular de início tardio; CK = creatina quinase; LDH = lactato desidrogenase;  $P < 0,05$ .

Na Tabela 4.3 são apresentadas apenas as correlações que apresentaram significância ( $P < 0,05$ ) entre a idade óssea (IO) e os indicadores de tamanho corporal com indicadores de dano muscular e com a DOMS, nos diferentes momentos avaliados nas categorias Sub-13 e Sub-15. No geral os coeficientes das correlações variaram entre moderado à grande ( $r= 0,40$  a  $-0,57$ ). Mas, chama a atenção na categoria Sub-13 o coeficiente positivo da IO com a CK em 0h ( $r= 0,54$ ) e da MLG com a CK em 24h ( $r= 0,40$ ). Para a DOMS, destaca-se que na categoria Sub-13 em 0h foram encontrados coeficientes positivos de grande magnitude com a IO ( $r= 0,56$ ) e de moderada magnitude com a MLG ( $r= 0,43$ ) enquanto na categoria Sub-15, houve correlação apenas da CK com a massa corporal sendo esta negativa e de grande magnitude ( $r= -0,57$ ).

A regressão linear na categoria Sub-13 (Tabela 4.4) mostra que a IO no momento 0h, apresenta associação positiva significativa com a CK ( $\beta = 0,56$ ;  $R^2 = 0,56$ ;  $P = 0,02$ ) e associação positiva significativa com a DOMS ( $\beta = 0,63$ ;  $R^2 = 0,45$ ;  $P = 0,02$ ), podendo a IO explicar 56% do comportamento da CK e 45% o da DOMS. No mesmo sentido, a MLG no momento 0h apresentou associação positiva significativa com a DOMS ( $\beta = 0,87$ ;  $R^2 = 0,45$ ;  $P = 0,02$ ), explicando em cerca de 45% o comportamento da DOMS.

**Tabela 4.4.** Regressão linear entre a idade óssea e variáveis de tamanho corporal com indicadores de dano muscular e DOMS na categoria Sub13 (n = 16).

Variáveis independentes	Imediatamente após a partida (0h)			24h após a partida			48h após a partida			72h após a partida		
	$\beta$	R <sup>2</sup> ajustado	P	$\beta$	R <sup>2</sup> ajustado	P	$\beta$	R <sup>2</sup> ajustado	P	$\beta$	R <sup>2</sup> ajustado	P
	<b>CK</b>											
Idade óssea *	0,56	0,56	<b>0,02</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MLG *	-	-	-	0,64	0,23	0,15	-	-	-	-	-	-
	<b>LDH</b>											
Idade óssea *	-0,30	-0,11	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>DOMS</b>											
Idade óssea *	0,63	0,45	<b>0,02</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Estatura *	-	-	-	-	-	-	-0,52	0,13	0,10	-0,24	0,10	0,46
MLG *	0,87	0,45	<b>0,02</b>	-	-	-	-0,16	0,13	0,74	-0,39	0,10	0,41

**Nota:** \* = ajustado por todas variáveis independentes;  $P < 0,05$ .

**Tabela 4.5.** Regressão linear entre tamanho corporal e a DOMS na categoria Sub15 (n = 28)

Variável independente	DOMS		
	Imediatamente após a partida (0h)		
	$\beta$	R <sup>2</sup> ajustado	P
<b>Massa corporal *</b>	-0,48	0,11	0,66

**Nota:** \* = ajustado por todas variáveis independentes;  $P < 0,05$ .

Na Tabela 4.5 apresenta-se a regressão linear entre o tamanho corporal e a DOMS na categoria Sub-15, onde não foi encontrada associação entre o comportamento da DOMS imediatamente após a partida (0h) com a massa corporal.

## DISCUSSÃO

O achado principal deste estudo aponta para associações positivas e significativas da IO e da MLG com o dano muscular e com a DOMS na categoria Sub-13 no momento 0h, em que os futebolistas com maior IO apresentaram maior concentração de CK e maior DOMS e aqueles com maior MLG apresentaram maior DOMS. Essas associações podem explicar entre 45 e 56% da variância compartilhada dos resultados. Além disso, constatou-se que o dano muscular e a DOMS se comportam de forma diferente entre as categorias. Embora ambos os indicadores tenham sido mais impactados na categoria Sub-15, a categoria Sub-15 parece recuperar a DOMS mais rápido do que a categoria Sub-13. Por outro lado, a categoria Sub-13 recuperou-se do dano muscular mais rápido em comparação à categoria Sub-15.

Adicionalmente ao analisar o comportamento dos indicadores de dano muscular, nota-se um maior aumento na concentração de CK do que na de LDH, indicando mais sensibilidade da CK. Este comportamento vai ao encontro do sugerido por Brancaccio; Lippi e Maffulli, (2010) o qual indicam que a concentração de CK após o esforço físico tende a aumentar cerca de quatro vezes em relação a sua concentração pré-partida, enquanto que a LDH aumenta sua concentração em apenas duas vezes.

Tanto o dano muscular quanto a DOMS são observados após uma partida de futebol, podendo permanecer elevados nas horas ou dias subsequentes (SILVA et al., 2018). Portanto, a elevação destes indicadores encontrada no momento 0h em ambas as categorias, parece ser esperada. O que corrobora com o observado em diversos estudos envolvendo futebolistas adolescentes (ANDRZEJEWSKI et al., 2008; ANDRZEJEWSKI; CHMURA, 2008; AQUINO et al., 2016b; DE STE CROIX et al., 2019; DEVRNJA; MATKOVIĆ, 2018; KUNZ et al., 2019; SHIMI et al., 2016). O comportamento elevado do dano muscular por até 24h (Sub-15) e da DOMS elevada por 48h e 72h (Sub-15 e Sub-13, respectivamente) estão também de acordo com a tendência em futebolistas (NÉDÉLEC et al., 2012; SILVA et al., 2018), contudo, poucos estudos envolvendo futebolistas adolescentes investigaram o dano muscular e a DOMS para além do momento 0h (KUNZ et al., 2019; OLIVEIRA; FRISSELLI; DEMINICE, 2019).

O presente estudo mostrou que quando comparadas as categorias, os futebolistas da categoria Sub-15 apresentam dano muscular e DOMS com valores significativamente mais elevados em grande parte do período avaliado, além disso, apresentam maior IO, são mais altos, mais pesados e têm maior MLG do que seus pares da categoria Sub-13. Por outro lado, associações significativas da IO e da MLG com o dano muscular e a DOMS, foram encontradas apenas na categoria Sub-13. Estes resultados podem ser explicados pelo menos em parte, pela variação do tamanho corporal provocadas pelo pico de velocidade do crescimento (PVC), o qual provoca o aumento da estatura e da MLG e habitualmente ocorre entre os 14 e os 15 anos (LLOYD et al., 2014; MALINA et al., 2015), fato que não foi analisado pelo presente estudo.

Em vista disso, os futebolistas da categoria Sub-15 tendem a ser biologicamente e fisicamente mais semelhantes entre si, pois grande parte destes indivíduos estão passando, ou já passaram pelo PVC. Porém, a variação do tamanho corporal torna-se mais evidente e relevante na categoria Sub-13, em que poucos futebolistas experimentaram os ganhos relacionados ao PVC (LLOYD et al., 2014; MALINA et al., 2015), de tal modo que parece ser plausível encontrar diferenças físicas entre as categorias Sub-13 e Sub-15, bem como, encontrar a existência destas associações na categoria Sub-13 e a ausência na categoria Sub-15.

O comportamento do dano muscular, da DOMS e das associações observados no presente estudo potencialmente pode ser ocasionado por diversos mecanismos. Por si só a disponibilidade de maior massa muscular, aqui representada pela MLG, guarda relação positiva com o aumento na concentração da CK (BRANCACCIO et al., 2008; SWAMINATHAN; HO; DONNAN, 1988), mas, as variáveis de carga externa da partida, como a distância total percorrida, a distância percorrida em alta velocidade, acelerações e desacelerações têm sido apontadas como as principais causadoras do dano muscular e da DOMS (AQUINO et al., 2016b; SILVA et al., 2018). No entanto, visto que a carga externa da partida foi ajustada nas análises do presente estudo, as significâncias encontradas sobre o dano muscular e a DOMS possivelmente foram afetadas pela interação entre o maior tamanho corporal e a realização das diversas atividades danosas contidas na partida.

Embora o avanço da idade cronológica, da maturação biológica e especialmente da MLG beneficie o desempenho físico de futebolistas (BORGES et al., 2018b; BUCHHEIT; MENDEZ-VILLANUEVA, 2014; FIGUEIREDO et al., 2009; PHILIPPAERTS et al., 2006; RADNOR et al., 2017), o fato de realizar com maior intensidade atividades danosas, como em saltos, *sprints*, acelerações e desacelerações, pode ter propiciado maior impacto sobre o dano muscular e a DOMS observados na categoria Sub-15 e nos futebolistas de maior IO e maior MLG da categoria Sub-13. Ademais, devido a uma questão de proporcionalidade ao maior dano muscular, à maior disponibilidade de tecido conjuntivo (CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003; KIM; LEE, 2014; UCHIDA et al., 2009), e aos prejuízos biomecânicos e de necessidade de produção de força (DUARTE; OKUNO, 2012) acentuados pela maior MLG, parece ser aceitável que a DOMS e o dano muscular sejam significativamente mais intensos na categoria Sub-15 e positivamente associados com a maior IO e a maior MLG na categoria Sub-13.

Tendo em vista as diversas implicações associadas à variação do tamanho corporal, a aplicação da alometria sobre parâmetros físicos e fisiológicos (CUNHA et al., 2017; NEVILL; RAMSBOTTOM; WILLIAMS, 1992) e a aplicação da *Bio-Banding* no agrupamento das categorias de jogo (CUMMING et al., 2017) parecem ser promissoras para a tarefa de minimizar as inequidades provocadas pela variação do tamanho.

Considerando que variáveis fisiológicas e o tamanho corporal podem se desenvolver de maneira não linear em adolescentes (CUNHA; VAZ; OLIVEIRA, 2011; NEVILL; RAMSBOTTOM; WILLIAMS, 1992; ROWLAND, 2008), abordagens matemáticas alométricas podem ser sugestivas para comparar desfechos de origem fisiológica entre indivíduos de diferentes tamanhos corporais. Enquanto a aplicação da *Bio-Banding* permite que os futebolistas sejam avaliados, treinem e compitam com os pares fisicamente semelhantes, com base em atributos de crescimento e maturação ao invés da idade cronológica (CUMMING, et al., 2017). O que tende a minimizar as inequidades do desempenho físico provocadas pela variação do tamanho e da maturação (CUMMING et al., 2017, 2018). O que pode também auxiliar o monitoramento do impacto da partida e das estratégias de recuperação a serem empregadas de modo mais individualizado. Uma vez que, os achados do presente estudo mostram que o comportamento dos indicadores de dano muscular e da DOMS, tendem a ser equivalentes entre futebolistas fisicamente e biologicamente semelhantes.

Portanto, entender as associações de indicadores de tamanho corporal e da IO sobre a etiologia do dano muscular e da DOMS, possibilita aos profissionais do treinamento físico, aprimorar o ambiente de treinamento, o desempenho físico e prevenção de lesões por *stress*, favorecendo o desenvolvimento de jovens futebolistas que estão na faixa etária do crescimento acelerado, especialmente na categoria Sub-13.

No entanto, o desenho metodológico quase-experimental deste estudo não possibilita acompanhar se os resultados aqui encontrados ocorrem durante uma temporada competitiva ou mesmo ao longo do tempo em outras categorias da faixa etária da adolescência. Ademais, a grande variabilidade de etnias existentes em amostras brasileiras pode ter influenciado os achados do presente estudo, pois, indivíduos negros apresentam maiores concentrações de indicadores de dano muscular (BRANCACCIO et al., 2008; BRANCACCIO; MAFFULLI; LIMONGELLI, 2007). Por outro lado, destaca-se o uso da IO como indicador de maturidade o qual é considerado um dos mais fidedignos durante a adolescência (MALINA et al., 2015), o controle das demandas da partida por meio de equipamento GPS e o acompanhamento por 72h da DOMS e do dano muscular, o que possibilita entender melhor o comportamento de tais variáveis nestas faixas etárias. Além disso a

amostra estudada foi composta por jovens futebolistas de alto nível do futebol estadual nas categorias de base.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que na categoria Sub-13 o aumento da IO está associado ao aumento do dano muscular, bem como, o aumento da MLG está associado ao aumento dano muscular e da DOMS, sendo em ambos os casos de maneira aguda (0h). Além disto, o comportamento da DOMS se eleva em até 72h após a partida na categoria Sub-13 e por 48h na categoria Sub-15, enquanto o comportamento dos indicadores de dano muscular encontra-se elevado imediatamente após a partida (0h) na categoria Sub-13 e por até 24h na categoria Sub-15

Mais estudos envolvendo correlações e associações da DOMS e de outros indicadores de dano muscular (ex. mioglobina, enzimas transaminases ou o próprio tecido muscular) com variáveis de tamanho corporal, especialmente após outras situações de esforço físico, são ainda necessários para aprimorar as considerações sobre o tema nesta população.

## REFERÊNCIAS

- ANDRZEJEWSKI, M. . et al. Influence of speed training loads on the activity of creatine kinase and lactic dehydrogenase and the concentration of oxypurines in blood samples of young football players. **Medycyna Sportowa**, v. 24, n. 3, p. 149–158, 2008.
- ANDRZEJEWSKI, M.; CHMURA, J. The influence of individualizing physical loads on speed, creatine kinase activity and lactate dehydrogenase in football players. **Biology of Sport**, v. 25, n. 2, p. 177–186, 2008.
- AQUINO, R. L. Q. T. et al. Biochemical, physical and tactical analysis of a simulated game in young soccer players. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 56, n. 12, p. 1554–1561, 2016. b.
- BORGES, P. H. et al. Relationship between body size variables and performance in repeated *sprints* test in young soccer players. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 26, n. 4, p. 275–280, 2018b.
- BRANCACCIO, P. et al. Serum Enzyme Monitoring in Sports Medicine. **Clinics in Sports Medicine**, v. 27, n. 1, p. 1–18, 2008.
- BRANCACCIO, P.; LIPPI, G.; MAFFULLI, N. Biochemical markers of muscular

damage. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**, v. 48, n. 6, p. 757–767, 2010.

BUCHHEIT, M.; MENDEZ-VILLANUEVA, A. Effects of age, maturity and body dimensions on match running performance in highly trained under-15 soccer players. **Journal of Sports Sciences**, v. 32, n. 13, p. 1271–1278, 2014.

CARVALHO, H. M. et al. Pubertal development of body size and soccer-specific functional capacities in adolescent players. **Research in Sports Medicine**, v. 25, n. 4, p. 421–436, 2017.

CHEUNG, K.; HUME, P.; MAXWELL, L. Delayed onset muscle soreness : treatment strategies and performance factors. **Sports Medicine**, v. 33, n. 2, p. 145–164, 2003.

COELHO-E-SILVA, M. J. et al. Discrimination of U-14 soccer players by level and position. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 11, p. 790–796, 2010.

CUMMING, S. P. et al. Bio-banding in sport: Applications to competition, talent identification, and strength and conditioning of youth athletes. **Strength and Conditioning Journal**, v. 39, n. 2, p. 34–47, 2017.

CUMMING, S. P. et al. Premier League academy soccer players' experiences of competing in a tournament bio-banded for biological maturation. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 7, p. 757–765, 2018.

CUNHA, G. dos S.; VAZ, M. A.; OLIVEIRA, Á. R. Normalização da força e torque muscular em crianças e adolescentes. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 13, n. 6, p. 468–476, 2011.

CUNHA, G. S. et al. Interrelationships among Jumping Power, Sprinting Power and Pubertal Status after Controlling for Size in Young Male Soccer Players. **Perceptual and Motor Skills**, v. 124, n. 2, p. 329–350, 2017.

DE STE CROIX, M. et al. Does maturation influence neuromuscular performance and muscle damage after competitive match-play in youth male soccer players? **European Journal of Sport Science**, v. 19, n. 8, p. 1130–1139, 2019.

DEVARNJA, A.; MATKOVIĆ, B. R. The effects of a soccer match on muscle damage indicators. **Kinesiology**, v. 50, n. 1, p. 112–123, 2018.

DJAOUI, L. et al. Kinetic Post-match Fatigue in Professional and Youth Soccer Players During the Competitive Period. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 7, n. 1, p. 1–7, 2016.

DUARTE, M.; OKUNO, E. **Física do Futebol: Mecânica**, Oficina de Textos, 2012.

FIELDS, D. A.; GORAN, M. I. Body composition techniques and the four-compartment model in children. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 89, n. 2, p. 613–620, 2000.

FIGUEIREDO, A. J. et al. Youth soccer players, 11-14 years: Maturity, size, function, skill and goal orientation. **Annals of Human Biology**, v. 36, n. 1, p. 60–73, 2009.

GORDON, C. C.; CHUMLEA, W. C.; ROCHE, A. F. Stature, recumbent length, and weight. In: LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. (Eds.) **Anthropometric Standardization Reference Manual**. Champaign, IL: Champaign: Human Kinetics Books, 1988. p. 3–8.

HAMMOUDA, O. et al. Diurnal variations of plasma homocysteine, total antioxidant status, and biological markers of muscle injury during repeated sprint: Effect on performance and muscle fatigue pilot study. **Chronobiology International**, v. 28, n. 10, p. 958–967, 2011.

HAMMOUDA, O. et al. Morning-to-evening difference of biomarkers of muscle injury and antioxidant status in young trained soccer players. **Biological Rhythm Research**, v. 43, n. 4, p. 431–438, 2012. a.

HAMMOUDA, O. et al. High intensity exercise affects diurnal variation of some biological markers in trained subjects. **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 11, p. 886–891, 2012. b.

HAMMOUDA, O. et al. Time-of-day effects on biochemical responses to soccer-specific endurance in elite Tunisian football players. **Journal of Sports Sciences**, v. 31, n. 9, p. 963–971, 2013. a.

HAMMOUDA, O. et al. Biochemical responses to level-1 Yo-Yo intermittent recovery test in young Tunisian football players. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 4, n. 1, p. 23–28, 2013. b.

HOPKINS, W. G. .; MARSHALL, S. W.; BATTERHAM, A. M. .; HANIN, J. .  
Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 1, p. 3–12, 2009.

KIM, J.; LEE, J. A review of nutritional intervention on delayed onset muscle soreness. Part I. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 10, n. 6, p. 349–356, 2014.

KUNZ, P. et al. Intra- and Post-match Time-Course of Indicators Related to Perceived and Performance Fatigability and Recovery in Elite Youth Soccer Players. **Frontiers in Physiology**, v. 10, n. November, p. 1–11, 2019.

LLOYD, R. S. et al. CHRONOLOGICAL AGE VS. BIOLOGICAL MATURATION: IMPLICATIONS FOR EXERCISE PROGRAMMING IN YOUTH. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 5, p. 1454–1464, 2014.

LOHMAN, T. G. Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. **Exercise and Sports Sciences Reviews**, v. 14, n. 1, p. 325–357, 1986.

MALINA, R. M. et al. Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. **British journal of sports medicine**, v. 49, n. 13, p. 852–859, 2015.

MALINA, R. M.; BOUCHARD, C.; BAR-OR, O. **Crescimento, Maturação e Atividade Física**. São Paulo: Phorte, 2009.

MIYAMA, M.; NOSAKA, K. Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 2, p. 206–211, 2004.

NÉDÉLEC, M. et al. Recovery in Soccer: Part I-post-match fatigue and time course of recovery. **Sports Medicine**, v. 42, n. 12, p. 997–1015, 2012.

NEVILL, A. M.; RAMSBOTTOM, R.; WILLIAMS, C. Scaling physiological measurements for individuals of different body size. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 65, n. 2, p. 110–117, 1992.

NOSAKA, K.; NEWTON, M.; SACCO, P. Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 12, n. 6, p. 337–346, 2002.

OLIVEIRA, D. C. X.; FRISSELLI, A.; DEMINICE, R. Football training session rises creatine kinase but does not impair performance. **Motriz. Revista de Educacao Fisica**, v. 25, n. 3, 2019.

PEAKE, J. M. et al. Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 3, p. 559–570, 2017.

PHILIPPAERTS, R. M. et al. The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. **Journal of Sports Sciences**, v. 24, n. 3, p. 221–230, 2006.

RADNOR, J. M. et al. The Influence of Growth and Maturation on Stretch-Shortening Cycle Function in Youth. **Sports Medicine**, v. 48, n. 1, p. 57–71, 2017.

ROWLAND, T. W. **Fisiologia do Exercício na Criança**. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2008.

SARMENTO, H. et al. Talent Identification and Development in Male Football: A Systematic Review. **Sports Medicine**, v. 48, n. 4, p. 907–931, 2018.

SHIMI, I. et al. The effect of time of day and recovery type after a football game on muscle damage and performance in anaerobic tests on young soccer players. **Biological Rhythm Research**, v. 47, n. 5, p. 797–814, 2016.

SILVA, J. R. et al. Acute and Residual Soccer Match-Related Fatigue: A Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 48, n. 3 p. 539-583, 2018.

SIRI, W. E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. **Techniques for measuring body composition**, v. 61, p. 223–244, 1961.

SWAMINATHAN, R.; HO, C. S.; DONNAN, S. P. B. Body composition and plasma creatine kinase activity. **Annals of Clinical Biochemistry**, v. 25, n. 4, p. 389–391, 1988.

TANNER, J. M. et al. **Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW3 Method)**. 3. ed. Londres: W.B. Saunders, 2001.

UCHIDA, M. C. et al. Effect of bench press exercise intensity on muscle soreness and inflammatory mediators. **Journal of Sports Sciences**, v. 27, n. 5, p. 499–507, 2009.

UNNITHAN, V. et al. Talent identification in youth soccer. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 15, p. 1719–1726, 2012.

VIEIRA, L. H. P. et al. Match Running Performance in Young Soccer Players: A Systematic Review, **Sports Medicine**, v. 49, n. 2, p. 289-318, 2019.

## CAPÍTULO 5

### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral desta dissertação foi verificar a relação entre a maturidade óssea com os indicadores de dano muscular e fadiga muscular, em resposta a uma partida de futebol de forma aguda e residual em jovens futebolistas. Para tanto foram realizados dois artigos, sendo o primeiro intitulado “Influência da maturidade óssea sobre indicadores de fadiga muscular e dano muscular após uma partida em jovens futebolistas”, no qual o objetivo foi Comparar o impacto de uma partida de futebol sobre indicadores relacionados à fadiga e ao dano muscular em jovens futebolistas de diferentes status de maturidade, com a hipótese de que futebolistas do grupo de maturidade Precoce sofreriam maior impacto fisiológico da partida do que seus pares.

O segundo artigo foi intitulado “Relação entre o tamanho corporal e da idade óssea com os indicadores relacionados ao dano muscular em jovens futebolistas”, o objetivo deste estudo foi verificar a relação entre indicadores de tamanho corporal e a idade óssea com o comportamento do dano muscular e da dor muscular de início tardio (DOMS), após uma partida nas categorias Sub-13 e Sub-15. A hipótese do estudo era que o comportamento dos indicadores de dano muscular e a DOMS, se apresentariam significativamente mais elevados e positivamente associado em futebolistas de maior tamanho corporal e/ou com idade óssea mais avançada. No entanto as hipóteses de ambos os estudos se confirmaram parcialmente.

Sendo assim, a partir dos achados obtidos é possível concluir que, independentemente da maturação biológica, não houve a presença da fadiga muscular após a partida. Por outro lado, a maturação biológica e o aumento da idade cronológica influenciam a intensidade e a duração do dano muscular e da DOMS após a partida. Sendo que os futebolistas do grupo Precoce, bem como os futebolistas cronologicamente mais velhos, embora apresentem maior intensidade de impacto sobre o dano muscular e sobre a DOMS, os mesmos apresentam vantagens biológicas que influenciam positivamente os mecanismos de recuperação tecidual, tornando-os mais eficientes para se recuperarem após a partida. Além disso, as associações encontradas na categoria Sub-13, revelam que para nesta

categoria o aumento da idade óssea e da massa livre de gordura (MLG), são significativos para o impacto sobre o dano muscular e sobre a DOMS.

Coletivamente tais informações demonstram a relevância da interação entre o avanço da idade cronológica, da maturação biológica e do aumento da MLG sobre o comportamento de indicadores relevantes para o *status* de recuperação após uma partida envolvendo jovens futebolistas na faixa etária do crescimento acelerado. De tal modo que profissionais envolvidos no ambiente de treinamento devem utilizar de estratégias que visem individualizar o monitoramento destes atletas de acordo com as características físicas da MLG e do nível de maturidade biológica.

Portanto, a fim de aprimorar as considerações sobre o comportamento da fadiga muscular, do dano muscular e da DOMS, futuros estudos envolvendo jovens futebolistas, devem abordar o comportamento de tais variáveis durante o decorrer de uma temporada competitiva para observar o comportamento desses indicadores conforme os futebolistas avançam em direção ao estado maduro.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. R. et al. Association between inhibitory control and tactical performance of under-15 soccer players. **Revista de Psicologia del Deporte**, v. 28, n. 1, p. 63–69, 2019.
- ALEXANDRE, D. et al. Heart rate monitoring in soccer: Interest and limits during competitive match play and training, practical application. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 10, p. 2890–2906, 2012.
- ALOUI, A. et al. Effects of Ramadan on the diurnal variations of physical performance and perceived exertion in adolescent soccer players. **Biological Rhythm Research**, v. 44, n. 6, p. 869–875, 2013.
- ALSHAIL, F.; ALJOHAR, A.; ALSHEHRI, M. Periodontal status and serum creatine kinase levels among young soccer players: A preliminary report. **Nigerian Journal of Clinical Practice**, v. 19, n. 5, p. 655–658, 2016.
- AMIGÓ, N. et al. Effect of summer intermission on skeletal muscle of adolescent soccer players. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 38, n. 4, p. 298–304, 1998.
- ANDELKOVIĆ, M. et al. Hematological and Biochemical Parameters in Elite Soccer Players during A Competitive Half Season. **Journal of Medical Biochemistry**, v. 34, n. 4, p. 460–466, 2015.
- ANDRZEJEWSKI, M. . et al. Influence of speed training loads on the activity of creatine kinase and lactic dehydrogenase and the concentration of oxypurines in blood samples of young football players. **Medycyna Sportowa**, v. 24, n. 3, p. 149–158, 2008.
- ANDRZEJEWSKI, M.; CHMURA, J. The influence of individualizing physical loads on speed, creatine kinase activity and lactate dehydrogenase in football players. **Biology of Sport**, v. 25, n. 2, p. 177–186, 2008.
- AQUINO, R. et al. Relationship between field tests and match running performance in high-level young Brazilian soccer players. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 58, n. 3, p. 256–262, 2018.
- AQUINO, R. L. Q. T. et al. Periodization training focused on technical-tactical ability in young soccer players positively affects biochemical markers and game performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 10, p. 2723–2732, 2016. a.
- AQUINO, R. L. Q. T. et al. Biochemical, physical and tactical analysis of a simulated game in young soccer players. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 56, n. 12, p. 1554–1561, 2016. b.
- ARAÚJO, K. S. et al. Influência de diferentes sistemas táticos sobre a intensidade de esforço e a fadiga de jogadores de futebol da categoria sub-17. **Revista Brasileira de Futsal e Futebol**, v. 11, n. 43, p. 172–178, 2019.
- ARNOLD, L. et al. Inflammatory monocytes recruited after skeletal muscle injury

switch into antiinflammatory macrophages to support myogenesis. **Journal of Experimental Medicine**, [s. l.], v. 204, n. 5, p. 1057–1069, 2007.

ARRUDA, A. F. S. et al. Effects of a very congested match schedule on body-load impacts, accelerations, and running measures in youth soccer players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 10, n. 2, p. 248–252, 2015.

ASADI, A. et al. The effects of maturation on jumping ability and sprint adaptations to plyometric training in youth soccer players. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 21, p. 2405–2411, 2018.

ATASHAK, S.; JAFARI, A. Effect of short-term creatine monohydrate supplementation on indirect markers of cellular damage in young soccer players. **Science and Sports**, v. 27, n. 2, p. 88–93, 2012.

BANDEIRA, F. et al. Pode a termografia auxiliar no diagnóstico de lesões musculares em atletas de futebol? **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, n. 4, p. 246–251, 2012.

BANFI, G.; LOMBARDI, G.; LUBKOWSKA, A. Metabolic markers in sports medicine. **Advances in Clinical Chemistry**, v. 56, v. 1, n. August 2015, p. 1–54, 2012.

BARBERI, L. et al. Age-dependent alteration in muscle regeneration: The critical role of tissue niche. **Biogerontology**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 273–292, 2013.

BARBOSA, C. V. da S. et al. Effects of sesame (*Sesamum indicum* L.) supplementation on creatine kinase, lactate dehydrogenase, oxidative stress markers, and aerobic capacity in semi-professional soccer players. **Frontiers in Physiology**, v. 8, n. MAR, p. 1–7, 2017.

BASTOS, F. N. et al. Investigation of characteristics and risk factors of sports injuries in young soccer players: A retrospective study. **International Archives of Medicine**, v. 6, n. 1, p. 2–7, 2013.

BORGES, P. H. et al. Peak height velocity in soccer: Anthropometric, functional, motor and cognitive implications. **Journal of Physical Education and Sport**, v. 17, n. 2, p. 821–825, 2017.

BORGES, P. H. et al. Relationship between Tactical Performance, Somatic Maturity and Functional Capabilities in Young Soccer Players. **Journal of Human Kinetics**, v. 64, n. 1, p. 160–169, 2018. a.

BORGES, P. H. et al. Relationship between body size variables and performance in repeated *sprints* test in young soccer players. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 26, n. 4, p. 275–280, 2018. b.

BOSCO, C.; LUHTANEN, P.; KOMI, P. V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 50, n. 2, p. 273–282, 1983.

BRANCACCIO, P. et al. Serum Enzyme Monitoring in Sports Medicine. **Clinics in Sports Medicine**, v. 27, n. 1, p. 1–18, 2008.

BRANCACCIO, P.; LIPPI, G.; MAFFULLI, N. Biochemical markers of muscular

damage. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**, v. 48, n. 6, p. 757–767, 2010.

BRANCACCIO, P.; MAFFULLI, N.; LIMONGELLI, F. M. Creatine kinase monitoring in sport medicine. **British Medical Bulletin**, v. 81–82, n. 1, p. 209–230, 2007.

BUCHHEIT, M. Match Running Performance and Fitness in Youth Soccer Match Running Performance and Fitness in Youth Soccer. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, p. 818–825, 2010.

BUCHHEIT, M. et al. Effects of age and spa treatment on match running performance over two consecutive games in highly trained young soccer players. **Journal of Sports Sciences**, v. 29, n. 6, p. 591–598, 2011.

BUCHHEIT, M.; MENDEZ-VILLANUEVA, A. Effects of age, maturity and body dimensions on match running performance in highly trained under-15 soccer players. **Journal of Sports Sciences**, v. 32, n. 13, p. 1271–1278, 2014.

BULT, H. J.; BARENDRECHT, M.; TAK, I. J. R. Injury Risk and Injury Burden Are Related to Age Group and Peak Height Velocity Among Talented Male Youth Soccer Players. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 6, n. 12, p. 1–10, 2018.

CABRAL, L. L. et al. A systematic review of cross-cultural adaptation and validation of Borg's Rating Of Perceived Exertion Scale. **Journal of Physical Education (Maringá)**, v. 28, n. 1, p. 1–13, 2017.

CARVALHO, H. M. et al. Pubertal development of body size and soccer-specific functional capacities in adolescent players. **Research in Sports Medicine**, v. 25, n. 4, p. 421–436, 2017.

CAVARRETTA, E. et al. Dark chocolate intake positively modulates redox status and markers of muscular damage in elite football athletes: A randomized controlled study. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2018, p. 1–10, 2018.

CHEUNG, K.; HUME, P.; MAXWELL, L. Delayed onset muscle soreness : treatment strategies and performance factors. **Sports Medicine**, v. 33, n. 2, p. 145–164, 2003.

CHOENFELD, B. J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2857–2872, 2010.

COELHO-E-SILVA, M. J. et al. Discrimination of U-14 soccer players by level and position. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 11, p. 790–796, 2010.

CUMMING, S. P. et al. Bio-banding in sport: Applications to competition, talent identification, and strength and conditioning of youth athletes. **Strength and Conditioning Journal**, v. 39, n. 2, p. 34–47, 2017.

CUMMING, S. P. et al. Premier League academy soccer players' experiences of competing in a tournament bio-banded for biological maturation. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 7, p. 757–765, 2018.

CUNHA, G. dos S.; VAZ, M. A.; OLIVEIRA, Á. R. Normalização da força e torque muscular em crianças e adolescentes. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 13, n. 6, p. 468–476, 2011.

CUNHA, G. S. et al. Interrelationships among Jumping Power, Sprinting Power and Pubertal Status after Controlling for Size in Young Male Soccer Players. **Perceptual and Motor Skills**, v. 124, n. 2, p. 329–350, 2017.

DE NARDI, M. . et al. Effects of cold-water immersion and contrast-water therapy after training in young soccer players. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 51, n. 4, p. 609–615, 2011.

DE STE CROIX, M. et al. Does maturation influence neuromuscular performance and muscle damage after competitive match-play in youth male soccer players? **European Journal of Sport Science**, v. 19, n. 8, p. 1130–1139, 2019.

DEPREZ, D. et al. Longitudinal Development of Explosive Leg Power from Childhood to Adulthood in Soccer Players. **International Journal of Sports Medicine**, [s. l.], v. 36, n. 8, p. 672–679, 2015.

DEVNRJA, A.; MATKOVIĆ, B. R. The effects of a soccer match on muscle damage indicators. **Kinesiology**, v. 50, n. 1, p. 112–123, 2018.

DJAOUI, L. et al. Kinetic Post-match Fatigue in Professional and Youth Soccer Players During the Competitive Period. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 7, n. 1, p. 1–7, 2016.

DOEVEN, S. H. et al. Postmatch recovery of physical performance and biochemical markers in team ball sports: A systematic review. **BMJ Open Sport and Exercise Medicine**, v. 4, n. 1, p. 1–10, 2018.

DUARTE, J. et al. Exercise-Induced Signs of Muscle Overuse in Children. **International Journal of Sports Medicine**, v. 20, n. 2, p. 103–108, 1999.

DUARTE, M.; OKUNO, E. **Física do Futebol: Mecânica**. Oficina de Textos, 2012.

ERIKSSON, B. O. . Muscle metabolism in children-a review. **Acta Paediatrica**, v. 29, p. 20–27, 1980.

ERIKSSON, B. O. .; SALTIN, B. Muscle metabolism during exercise in boys aged 11 to 16 years compared to adults. **Acta Paediatrica Belg**, v. 28, p. 257–265, 1974.

ESOTERIX INC. **Endocrinology: Expected Values and S.I. Unit Conversion Tables**. Calabasas Hills, CA: Esoteric, Inc, 2020.

FIELDS, D. A.; GORAN, M. I. Body composition techniques and the four-compartment model in children. **Journal of applied physiology**, v. 89, n. 2, p. 613–620, 2000.

FIFA. **265 milion playing football**. 2006. Disponível em:  
<[https://www.fifa.com/mm/document/fifafacts/bcoffsurv/emaga\\_%0A9384\\_10704.pdf](https://www.fifa.com/mm/document/fifafacts/bcoffsurv/emaga_%0A9384_10704.pdf).>

FITZPATRICK, J. F. et al. Sensitivity and reproducibility of a fatigue response in elite youth football players. **Science and Medicine in Football**, v. 3, n. 3, p. 214–220, 2019.

FITZPATRICK, J. F. et al. The Reliability of Potential Fatigue-Monitoring Measures in Elite Youth Soccer Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.

Ahead of a, 2019. b.

FORCINA, L. et al. An Overview About the Biology of Skeletal Muscle Satellite Cells. **Current Genomics**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 24–37, 2019.

FOSTER, C. et al. A New Approach to Monitoring Exercise Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 15, n. 1, p. 109–115, 2001.

GAYA, A. C. **Ciências do movimento humano: Introdução à metodologia da pesquisa**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

GOETSCH, S. C. et al. Transcriptional profiling and regulation of the extracellular matrix during muscle regeneration. **Physiological genomics**, United States, v. 14, n. 3, p. 261–271, 2003.

GONÇALVES, B. V. et al. Effect of player position on movement behaviour, physical and physiological performances during an 11-a-side football game. **Journal of Sports Sciences**, v. 32, n. 2, p. 191–199, 2013.

GORDON, C. C.; CHUMLEA, W. C.; ROCHE, A. F. Stature, recumbent length, and weight. In: LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. (Eds.). **Anthropometric Standardization Reference Manual**. Champaign, IL: Champaign: Human Kinetics Books, 1988. p. 3–8.

GOUVÊA, M. A. De et al. Comparison of Skillful vs Less Skilled Young Soccer Players on Anthropometric, Maturation, Physical Fitness and Time of Practice. **International Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 5, p. 384–395, 2017.

GOUVEA, M. et al. Influence of skeletal maturity on size, function and sport-specific technical skills in youth soccer players. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 6, p. 464–469, 2016.

HAMMOUDA, O. et al. Diurnal variations of plasma homocysteine, total antioxidant status, and biological markers of muscle injury during repeated sprint: Effect on performance and muscle fatigue a pilot study. **Chronobiology International**, v. 28, n. 10, p. 958–967, 2011.

HAMMOUDA, O. et al. Morning-to-evening difference of biomarkers of muscle injury and antioxidant status in young trained soccer players. **Biological Rhythm Research**, v. 43, n. 4, p. 431–438, 2012. a.

HAMMOUDA, O. et al. High intensity exercise affects diurnal variation of some biological markers in trained subjects. **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 11, p. 886–891, 2012. b.

HAMMOUDA, O. et al. Time-of-day effects on biochemical responses to soccer-specific endurance in elite Tunisian football players. **Journal of Sports Sciences**, v. 31, n. 9, p. 963–971, 2013. a.

HAMMOUDA, O. et al. Biochemical responses to level-1 Yo-Yo intermittent recovery test in young Tunisian football players. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 4, n. 1, p. 23–28, 2013. b.

HAWKE, T. J.; GARRY, D. J. Myogenic satellite cells: Physiology to molecular

biology. **Journal of Applied Physiology**, v. 91, n. 2, p. 534–551, 2001.

HOPKINS, W. G. .; MARSHALL, S. W.; BATTERHAM, A. M. .; HANIN, J. . Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 1, p. 3–12, 2009.

HOTFIEL, T. et al. Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness ( DOMS ): Part I: Pathogenesis and Diagnostics Delayed Onset Muscle Soreness. **Sportverl Sportschad**, v. 32, n. 04, p. 243–250, 2018.

HYLDAHL, R. D. et al. Satellite cell activity is differentially affected by contraction mode in human muscle following a work-matched bout of exercise. **Frontiers in Physiology**, v. 5, n. Nov, p. 1–11, 2014.

IBGE. **Práticas de Esporte e Atividade Física**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

JOUBERT, Y.; TOBIN, C. Testosterone treatment results in quiescent satellite cells being activated and recruited into cell cycle in rat levator ani muscle. **Developmental biology**, v. 169, n. 1, p. 286–294, 1995.

KENT-BRAUN, J. A.; FITTS, R. H.; CHRISTIE, A. Skeletal muscle fatigue. **Comprehensive Physiology**, v. 2, n. 2, p. 997–1044, 2012.

KIM, J.; LEE, J. A review of nutritional intervention on delayed onset muscle soreness. Part I. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 10, n. 6, p. 349–356, 2014.

KINUGASA, T.; KILDING, A. E. Acomparison of post-match recovery strategies in youth soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 5, p. 1402–1407, 2009.

KUNZ, P. et al. Intra- and Post-match Time-Course of Indicators Related to Perceived and Performance Fatigability and Recovery in Elite Youth Soccer Players. **Frontiers in Physiology**, v. 10, n. November, p. 1–11, 2019.

LLOYD, R. S. et al. Chronological age vs. biological maturation: implications for exercise programming in youth. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 5, p. 1454–1464, 2014.

LOHMAN, T. G. Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. **Exercise and Sports Sciences Reviews**, v. 14, n. 1, p. 325–357, 1986.

MALINA, R. M. et al. Maturity-associated variation in sport-specific skills of youth soccer players aged 13-15 years. **Journal of Sports Sciences**, v. 23, n. 5, p. 515–522, 2005.

MALINA, R. M. et al. Skeletal age in youth soccer players: implication for age verification. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 20, n. 6, p. 469–474, 2010.

MALINA, R. M. et al. Interrelationships among invasive and non-invasive indicators of biological maturation in adolescent male soccer players. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 15, p. 1705–1717, 2012.

MALINA, R. M. et al. Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. **British Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 13, p. 852–859, 2015.

MALINA, R. M.; BOUCHARD, C.; BAR-OR, O. **Crescimento, Maturação e Atividade Física**. São Paulo: Phorte, 2009.

MALONE, J. et al. Countermovement jump performance is not affected during an in-season training microcycle in elite youth soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 3, p. 752–757, 2015.

MARKOVIC, G. et al. Reliability and Factorial Validity of Squat and Countermovement Jump Tests. **Journal of Strength And Conditioning Research**, v. 18, n. 3, p. 551–555, 2004.

MARTHA, P. M. J. et al. Alterations in the pulsatile properties of circulating growth hormone concentrations during puberty in boys. **The Journal of clinical endocrinology and metabolism**, v. 69, n. 3, p. 563–570, 1989.

MAURO, A. Satellite cell of skeletal muscle fibers. **The Journal of biophysical and biochemical cytology**, v. 9, p. 493–495, 1961.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do Exercício - Energia, Nutrição e Desempenho Humano**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

MENDEZ-VILLANUEVA, A. et al. Match play intensity distribution in youth soccer. **International Journal of Sports Medicine**, v. 34, n. 2, p. 101–110, 2013.

MIYAMA, M.; NOSAKA, K. Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 2, p. 206–211, 2004.

NÉDÉLEC, M. et al. Recovery in Soccer: Part I-post-match fatigue and time course of recovery. **Sports Medicine**, v. 42, n. 12, p. 997–1015, 2012.

NÉDÉLEC, M. et al. Physical performance and subjective ratings after a soccer-specific exercise simulation: Comparison of natural grass versus artificial turf. **Journal of Sports Sciences**, v. 31, n. 5, p. 529–536, 2013.

NEVILL, A. M.; RAMSBOTTOM, R.; WILLIAMS, C. Scaling physiological measurements for individuals of different body size. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 65, n. 2, p. 110–117, 1992.

NOON, M. R. et al. Perceptions of well-being and physical performance in English elite youth footballers across a season. **Journal of Sports Sciences**, v. 33, n. 20, p. 2106–2115, 2015.

NOSAKA, K.; NEWTON, M.; SACCO, P. Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 12, n. 6, p. 337–346, 2002.

O'BRIEN, T. D. et al. In vivo measurements of muscle specific tension in adults and children. **Experimental physiology**, v. 95, n. 1, p. 202–210, 2010.

OBERC, M. A.; ENGEL, W. K. Ultrastructural localization of calcium in normal and abnormal skeletal muscle. **Laboratory investigation; a journal of technical methods and pathology**, v. 36, n. 6, p. 566–577, 1977.

- OLIVEIRA, D. C. X.; FRISSELLI, A.; DEMINICE, R. Football training session rises creatine kinase but does not impair performance. **Motriz. Revista de Educacao Fisica**, v. 25, n. 3, 2019.
- OLIVER, J.; ARMSTRONG, N.; WILLIAMS, C. Changes in jump performance and muscle activity following soccer-specific exercise. **Journal of Sports Sciences**, v. 26, n. 2, p. 141–148, 2008.
- OLIVER, J. L. et al. Altered neuromuscular control of leg stiffness following soccer-specific exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 11, p. 2241–2249, 2014.
- OWENS, D. J. et al. Exercise-induced muscle damage: What is it, what causes it and what are the nutritional solutions? **European Journal of Sport Science**, v. 19, n. 1, p. 71–85, 2019.
- PAU, M. et al. Dynamic balance is impaired after a match in young elite soccer players. **Physical Therapy in Sport**, v. 22, p. 11–15, 2016.
- PEAKE, J. M. et al. Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 3, p. 559–570, 2017.
- PERINI, T. A. . et al. Cálculo do erro técnico de medição em antropometria. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 1, p. 86–90, 2005.
- PETTERSEN, S. A.; BRENN, T. Correction: Activity Profiles by Position in Youth Elite Soccer Players in Official Matches. **Sports Medicine International Open**, v. 03, n. 01, p. E65–E65, 2019.
- PHILIPPAERTS, R. M. et al. The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. **Journal of Sports Sciences**, v. 24, n. 3, p. 221–230, 2006.
- RADNOR, J. M. et al. The Influence of Growth and Maturation on Stretch-Shortening Cycle Function in Youth. **Sports Medicine**, v. 48, n. 1, p. 57–71, 2017.
- RAFFALT, P. C.; ALKJÆR, T.; SIMONSEN, E. B. Intra-subject variability in muscle activity and co-contraction during jumps and landings in children and adults. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 27, n. 8, p. 820–831, 2017.
- RATEL, S.; DUCHÉ, P.; WILLIAMS, C. A. Muscle fatigue during high-intensity exercise in children. **Sports Medicine**, v. 36, n. 12, p. 1031–1065, 2006.
- RATEL, S.; MARTIN, V. Is There a Progressive Withdrawal of Physiological Protections against High-Intensity Exercise-Induced Fatigue during Puberty? **Sports**, v. 3, n. 4, p. 346–357, 2015.
- RECHENCHOSKY, L. et al. Decision making in soccer: Interactions with physical and technical performance. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 20, n. 3, p. 122–129, 2017.
- RICO-SANZ, J. et al. Muscle glycogen degradation during simulation of a fatiguing soccer match in elite soccer players examined noninvasively by <sup>13</sup>C-MRS. **Medicine**

**and Science in Sports and Exercise**, v. 31, n. 11, p. 1587–1593, 1999.

RIZAL, M.; SEGALITA, C.; MAHMUDIONO, T. The effect of watermelon beverage ingestion on fatigue index in young-male, recreational football players. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 10, n. 2, p. e86555., 2019.

ROJAS-VALVERDE, D. et al. Reduced muscle contractile function in elite young soccer players after a short-congested fixture period. **Journal of Sports Engineering and Technology**, v. 233, n. 2, p. 249–257, 2019.

ROMAGNOLI, M. et al. Changes in muscle damage , inflammation , and fatigue-related parameters in young elite soccer players after a match. **The Journal Of Sports Medicine And Physical Fitness**, v. 56, n. 10, p. 1198–1205, 2016.

ROWLAND, T. W. **Fisiologia do Exercício na Criança**. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2008.

ROWSELL, G. J. et al. Effects of cold-water immersion on physical performance between successive matches in high-performance junior male soccer players. **Journal of Sports Sciences**, v. 27, n. 6, p. 565–573, 2009.

SARMENTO, H. et al. Talent Identification and Development in Male Football: A Systematic Review. **Sports Medicine**, v. 48, n. 4, p. 907–931, 2018.

SCHARFEN, H. E.; MEMMERT, D. The relationship between cognitive functions and sport-specific motor skills in elite youth soccer players. **Frontiers in Psychology**, v. 10, n. APR, p. 1–10, 2019.

SHIMI, I. et al. The effect of time of day and recovery type after a football game on muscle damage and performance in anaerobic tests on young soccer players. **Biological Rhythm Research**, v. 47, n. 5, p. 797–814, 2016.

SILVA, C. C. et al. Respostas agudas pós-exercício dos níveis de lactato sanguíneo e creatinofosfoquinase de atletas adolescentes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 6, p. 381–386, 2007.

SILVA, J. R. et al. Acute and Residual Soccer Match-Related Fatigue: A Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 48, n. 3, p. 539–583, 2018.

SIRI, W. E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. **Techniques for Measuring Body Composition**, v. 61, p. 223–244, 1961.

SOARES, J. M. C. et al. Children Are Less Susceptible to Exercise-Induced Muscle Damage Than Adults : A Preliminary Investigation. **Pediatric Exercise Science**, v. 8, n. 4, p. 361–367, 1996.

SPIGOLON, L. M. P. et al. Programa de treinamento influencia a relação entre os indicadores de desempenho funcional e neuromusculares durante a temporada em jovens futebolistas. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 39, n. 1, p. 98–106, 2017.

STOLEN, T. et al. Applied Physiology of Soccer. **Sports Medicine**, v. 3, n. 1, p. 50–60, 2005.

SWAMINATHAN, R. .; HO, C. S. .; DONNAN, S. P. B. . Body composition and

plasma creatine kinase activity. **Annals of Clinical Biochemistry**, v. 25, n. 4, p. 389–391, 1988.

TANNER, J. M. et al. **Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW3 Method)**. 3. ed. Londres: W.B. Saunders, 2001.

TIDBALL, J. G.; VILLALTA, S. A. Regulatory interactions between muscle and the immune system during muscle regeneration. **American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology**, [s. l.], v. 298, n. 5, p. R1173–R1187, 2010.

UCHIDA, M. C. et al. Effect of bench press exercise intensity on muscle soreness and inflammatory mediators. **Journal of sports sciences**, v. 27, n. 5, p. 499–507, 2009.

UNNITHAN, V. et al. Talent identification in youth soccer. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 15, p. 1719–1726, 2012.

VAN DER SLUIS, A. et al. Sport injuries aligned to Peak Height Velocity in talented pubertal soccer players. **International Journal of Sports Medicine**, v. 35, n. 4, p. 351–355, 2014.

VAN HOOREN, B.; ZOLOTARJOVA, J. The Difference between Countermovement and Squat Jump Performances: A Review of Underlying Mechanisms with Practical Applications. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 7, p. 2011–2020, 2017.

VERDIJK, L. B. et al. Satellite cells in human skeletal muscle; From birth to old age. **Age**, v. 36, n. 2, p. 545–557, 2014.

VIEIRA, L. H. P. et al. Match Running Performance in Young Soccer Players: A Systematic Review. **Sports Medicine**, v. 49, n. 2, p. 289–318, 2019. a.

VIEIRA, L. H. P. et al. Team Dynamics, Running, and Skill-Related Performances of Brazilian U11 to Professional Soccer Players During Official Matches. **Journal of strength and conditioning research**, v. 33, n. 8, p. 2202–2216, 2019. b.

VIGH-LARSEN, J. F.; DALGAS, U.; ANDERSEN, T. B. Position-specific acceleration and deceleration profiles in elite youth and senior soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 4, p. 1114–1122, 2018.

VØLLESTAD, N. K. Measurement of human muscle fatigue. **Journal of Neuroscience Methods**, v. 74, n. 2, p. 219–227, 1997.

WEBBER, L. M. . et al. Serum Creatine Kinase Activity and Delayed Onset Muscle Soreness in Prepubescent Children: A Preliminary Study. **Pediatric Exercise Science**, v. 1, n. 4, p. 351–359, 1989.

WIACEK, M. . et al. The changes of the specific physiological parameters in response to 12-week individualised training of young soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 6, p. 1514–1521, 2011.

WOLLIN, M.; THORBORG, K.; PIZZARI, T. The acute effect of match play on hamstring strength and lower limb flexibility in elite youth football players. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 27, n. 3, p. 282–288,

2017.

WOLLIN, M.; THORBORG, K.; PIZZARI, T. Monitoring the effect of football match congestion on hamstring strength and lower limb flexibility: Potential for secondary injury prevention? **Physical Therapy in Sport**, v. 29, p. 14–18, 2018.

YAMADA, R. K. F. et al. The effects of one-half of a soccer match on the postural stability and functional capacity of the lower limbs in young soccer players. **Clinics**, v. 67, n. 12, p. 1361–1364, 2012.

ZAMMIT, P. S. et al. Kinetics of myoblast proliferation show that resident satellite cells are competent to fully regenerate skeletal muscle fibers. **Experimental cell research**, v. 281, n. 1, p. 39–49, 2002.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A - Ficha de coleta de dados



**DE SEMPENHO FÍSICO, TÉCNICO E TÁTICO EM JOVENS  
FUTEBOLISTAS: INTERAÇÃO COM CRESCIMENTO,  
DESENVOLVIMENTO E MATURAÇÃO**

**CONTROLE**

Data da Aval.: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

### 1 - DADOS PESSOAIS

	Data de Nascimento	Idade óssea
Nome: _____	/ /	GP: _____
		TW: _____

Posição de jogo: \_\_\_\_\_

YOYO (m): \_\_\_\_\_

FCMax: \_\_\_\_\_

### 2 - STATUS DE MATURIDADE / Nº DA CAMISA / Nº DO GPS / JOGO Nº / DOMS

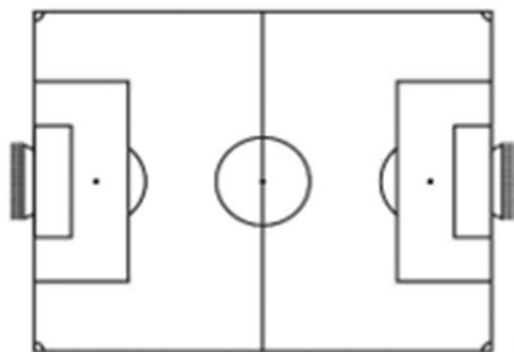
Precoce:      No tempo:      Tardio:

Nº Uniforme	GPS Nº	JOGO Nº:

DOMS 0-10:

0H PRE A1	0H PÓS A2	24H	48H	72H

### 3 - CAMPO DE JOGO



### 4 - SALTOS

0 h		0 h		24 h		48 h		72 h	
Pré	Pré	Pós	Pós	CMJ	SQ	CMJ	SQ	CMJ	SQ
CMJ	SQ	CMJ	SQ						

### 5 - COLETA SANGUINEA

0h			24h			48h			72h		
PRÉ	HORÁRIO	PÓS	COLETOU	HORÁRIO	COLETOU	COLETOU	HORÁRIO	COLETOU	COLETOU	HORÁRIO	COLETOU

J \_\_\_\_\_

## **APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

### **“RELAÇÃO ENTRE MATURAÇÃO BIOLÓGICA, AÇÕES TÉCNICAS-TÁTICO E INDICADORES DE FADIGA MUSCULAR EM JOVENS FUTEBOLISTAS”**

Prezado (a) Senhor (a):

Gostaríamos de convidar a criança ou adolescente sob sua responsabilidade para participar da pesquisa “RELAÇÃO ENTRE MATURAÇÃO BIOLÓGICA, AÇÕES TÉCNICAS-TÁTICO E INDICADORES DE FADIGA MUSCULAR EM JOVENS FUTEBOLISTAS”, a ser realizada em “Londrina, no CEFE (Centro de Educação Física e Esporte) da Universidade Estadual de Londrina”. O objetivo da pesquisa é “Analisar a estiva da contribuição da idade, crescimento, composição corporal e da maturidade somática na variação das capacidades físicas, técnico-coordenativa, táticas e psicológicas em jovens futebolistas”. A participação da criança ou adolescente é muito importante e ela se daria da seguinte forma (forma (coleta de medidas corporais como peso, estatura e etc., testes de força e capacidade aeróbia e anaeróbia, preenchimento de questionários, filmagem de treinos e partidas e coleta sanguínea para análise de marcadores inerentes a nossa pesquisa).

Esclarecemos que a participação da criança ou do adolescente é totalmente voluntária, podendo o (a) senhor(a) solicitar a recusa ou desistência de participação da criança ou do adolescente a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à criança ou adolescente. Esclarecemos, também, que as informações da criança ou do adolescente sob sua responsabilidade serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa (ou para esta e futuras pesquisas) e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a identidade da criança ou do adolescente. Serão gravadas imagens de jogos reduzidos, onde serão avaliados o ações técnicas e motores dos atletas, o material biológico sanguíneo será utilizado para avaliar indicadores circulantes de metabolismo e dano muscular.

Esclarecemos ainda, que nem o (a) senhor (a) e nem a criança ou adolescente sob sua responsabilidade pagarão ou serão remunerados (as) pela participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente da participação.

Os benefícios esperados são buscar respostas para a seleção de atletas de futebol nas categorias de base, além de realizar uma bateria de testes pessoal que será divulgado ao final da pesquisa. Quanto aos riscos, a criança ou adolescente poderá sentir cansaço físico devido aos testes aplicados.

Informamos que esta pesquisa atende e respeita os direitos previstos no Estatuto da Criança e do Adolescente- ECA, Lei Federal nº 8069 de 13 de julho de 1990, sendo eles: à vida, à saúde, à alimentação, à educação, ao esporte, ao lazer, à profissionalização, à cultura, à dignidade, ao respeito, à liberdade e à convivência

familiar e comunitária. Garantimos também que será atendido o Artigo 18 do E.C.A.:46

“É dever de todos velar pela dignidade da criança e do adolescente, pondo-os a salvo de qualquer tratamento desumano, violento, aterrorizante, vexatório ou constrangedor.”

Caso o(a) senhor(a) tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá nos contatar (ENIO RICARDO VAZ RONQUE, Centro de Educação Física e Esportes da UEL, e-mail enioronque@uel.br), ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: cep268@uel.br.

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue ao (à) senhor (a).

Londrina, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 201\_\_.

Pesquisador Responsável

<p>_____ (NOME POR EXTENSO DO <b>RESPONSÁVEL PELO PARTICIPANTE DA PESQUISA</b>), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo com a participação <b>voluntária</b> da criança ou do adolescente sob minha responsabilidade na pesquisa descrita acima.</p> <p>Assinatura (ou impressão dactiloscópica): _____</p> <p>Data: _____</p>
---

Caso o adolescente seja maior de 12 anos, deverá constar o espaço abaixo para assinatura do menor.

<p>Assentimento Livre e Esclarecido do Adolescente</p> <p>_____ (NOME POR EXTENSO DO <b>PARTICIPANTE DA PESQUISA</b>), tendo sido totalmente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar <b>voluntariamente</b> da pesquisa descrita acima.</p> <p>Assinatura (ou impressão dactiloscópica): _____</p> <p>Data: _____</p>
--

**APÊNDICE C – Escala de Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) – Adaptada de Foster et al. (2001)**

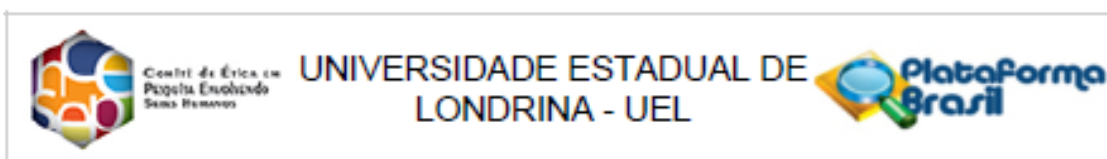
<b>Classificação</b>	<b>Descritor</b>
0	Repouso
1	Muito, muito fácil
2	Fácil
3	Moderado
4	Pouco difícil
5	Difícil
6	---
7	Muito difícil
8	---
9	---
10	Máximo

**APÊNDICE D – Escala de Percepção de DOMS**

Oliveira et al., 2019 - Escala de percepção de DOMS.

**ANEXOS**

## ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** RELAÇÃO ENTRE MATURAÇÃO BIOLÓGICA, DESEMPENHO TÉCNICO-TÁTICO E INDICADORES DE FADIGA MUSCULAR EM JOVENS FUTEBOLISTAS

**Pesquisador:** Enio Ricardo Vaz Ronque

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 86406718.6.0000.5231

**Instituição Proponente:** CEFE - Departamento de Educação Física

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 2.650.232

#### Apresentação do Projeto:

O documento "PB\_INFORMAÇÕES\_BÁSICAS\_DO\_PROJETO\_1065225.pdf" em seu item "Resumo" diz: Nos últimos anos o treino de jovens tem despertado grande interesse por inúmeros pesquisadores de diversas áreas do conhecimento, uma vez que tem sido observado um aumento na participação desses indivíduos em contextos de alto rendimento. Assim, o propósito deste estudo será analisar a contribuição de indicadores biológicos na variação das capacidades físicas, técnico-coordenativas, táticas e psicológicas em jovens futebolistas de 12 a 16 anos de idade e, ainda, a mediação de covariáveis de tamanho corporal nos indicadores de desempenho. Para tanto, a amostra será composta por aproximadamente 90 jogadores de futebol, do sexo masculino, pertencentes a equipes de formação da região metropolitana de Londrina-PR. Serão realizadas avaliações antropométricas de massa corporal, estatura e altura sentada. A composição corporal será avaliada por meio de pletismografia. A maturação biológica será estimada pela idade esquelética, mediante radiografia da mão e do punho, pela maturidade somática por meio da idade do pico de velocidade de crescimento. Uma bateria de testes para capacidades físicas será realizada - agilidade, força muscular dos membros inferiores, desempenho aeróbio e anaeróbio, resistência muscular abdominal. Relativamente ao desempenho tático, serão utilizados o Sistema de Avaliação Tática no Futebol (FUT-SAT), o rastreamento em campo através do programa Dvideow, o sistema de Global Positioning System (GPS) e o protocolo de conhecimento tático declarativo (CTD). As habilidades específicas para o futebol e o desempenho motor serão avaliados

**Endereço:** LABESC - Sala 14

**Bairro:** Campus Universitário

**UF:** PR **Município:** LONDRINA

**Telefone:** (43)3371-5455

**CEP:** 86.057-970

**E-mail:** cep268@uel.br



Centro de Ética em  
Pesquisa Envolvendo  
Serem Humanos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 2.850.232

pelos baterias propostas por Mor e Christian (1979), pela Federação Portuguesa de Futebol e por testes de competência de locomoção, estabilidade e de manipulação, respectivamente. A frequência cardíaca e a pressão arterial serão mensuradas para análise da variabilidade da frequência cardíaca. Análises bioquímicas serão realizadas para avaliar o marcador de dano muscular (creatina Quinase), o biomarcador metabólico (Lactato) e o hormônio testosterona sérica. A análise dos dados será inicialmente por meio de estatística descritiva com valores de média e desvio padrão para caracterização da amostra. A Regressão Linear Múltipla será utilizada para avaliar as contribuições relativas das variáveis independentes sobre o desempenho técnico-tático. A análise discriminante será empregada para observar quais variáveis discriminam o desempenho técnico dos atletas. Já o coeficiente de correlação de Pearson será adotado para observar as relações dos biomarcadores de dano muscular e estresse oxidativo com o status de maturidade. O nível de significância adotado será de 5%. Espera-se contribuir no âmbito científico com a produção de artigos, dissertações e teses, além de contribuir no âmbito social com o conhecimento para técnicos e treinadores de futebol, visando aprimorar a prescrição de rotinas de treinamento com maior segurança, garantindo a integridade do atleta e o seu desenvolvimento na modalidade.

#### Objetivo da Pesquisa:

##### Objetivo Primário:

Analisar a relação entre indicadores biológicos e comportamentais com as capacidades físicas, técnico-coordenativas e táticas em jovens futebolistas de 12 a 16 anos de idade e, ainda, a mediação de covariáveis de tamanho corporal nos indicadores de desempenho durante o crescimento físico.

##### Objetivo Secundário:

Avaliar o desempenho tático declarativo e processual de jovens futebolistas de acordo com maturação e posição de jogo; Verificar as contribuições relativas da coordenação motora e das habilidades específicas sobre o desempenho técnico em jovens futebolistas; Descrever a atividade dos biomarcadores de dano muscular e de desempenho em jovens futebolistas classificados em diferentes estágios maturacionais durante o período competitivo.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

##### Riscos:

Apesar de todos os procedimentos de coleta de dados, aos quais os participantes serão

Endereço: LABECC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

UF: PR

Município: LONDRINA

CEP: 86.057-970

Telefone: (43)3371-5455

E-mail: cep268@uel.br



Centro de Ética em  
Pesquisa Envolvendo  
Serem Humanos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 2.850.232

submetidos, fazerem parte da rotina dos mesmos, os possíveis riscos estão associados aos desconfortos durante a coleta sanguínea, a radiografia e aos testes de desempenho físico a serem realizados. Vale ressaltar que a coleta de sangue e a radiografia serão realizados por profissionais habilitados e conforme as normas vigentes para tais procedimentos. Em relação aos testes físicos, poderá ocorrer cansaço físico e mental, cujo os efeitos serão minimizados por meio de procedimentos como intervalo de descanso e hidratação. Caso alguma intercorrência durante os procedimentos ou em qualquer das avaliações ocorra algum tipo de desconforto o participante será prontamente atendido e amparado pelos pesquisadores, pelo departamento médico do clube e caso necessário, o serviço de emergência para o atendimento do participante será acionado.

**Benefícios:**

Espera-se que por meio deste projeto no âmbito científico, possibilitando a capacitação de recursos humanos e a consolidação do grupo GEPAFE através da produção de trabalhos de iniciação científica, dissertações de mestrado e teses de doutorado, contribuindo também com a publicação de artigos e apresentação de trabalhos em eventos nacionais e internacionais. Ademais, as informações provenientes deste projeto poderão contribuir com o desenvolvimento do futebol brasileiro, especialmente no que tange à formação de atletas, enriquecendo a literatura especializada. Espera-se contribuir no âmbito científico com a produção de artigos, dissertações e teses, além de contribuir no âmbito social com a divulgação do desempenho individual a cada participante e seus treinadores através de um relatório com o resultado de seu desempenho nos testes realizados, para auxiliá-los no aprimoramento e prescrição de rotinas de treinamento, além de contribuir com o conhecimento de modo geral para os profissionais que atuam no campo da formação de jovens atletas, visando aprimorar a prescrição de rotinas de treinamento com maior segurança, garantindo a integridade do atleta e o seu desenvolvimento na modalidade.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Considerando os documentos apresentados e as informações neles contidas, este parecer ressalta a importância da pesquisa e considera não haver pendência ético-documentais.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

1. Apresenta Folha de Rosto devidamente preenchida e assinada;
2. Apresenta TCLE conforme modelo para crianças e adolescentes;
3. Apresenta Orçamento Financeiro com previsão de custeio com recursos próprios, e informações sobre a origem dos recursos;

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

CEP: 86.057-970

UF: PR

Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-5455

E-mail: cep268@uel.br



Comitê de Ética em  
Pesquisa Envolvendo  
Seres Humanos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 2.650.232

4. Apresenta Cronograma de Execução compatível com a proposta;
5. Apresenta autorização do clube PSTC para realização da pesquisa com seus atletas, bem como dos profissionais envolvidos na coleta e realização dos testes sanguíneos.

#### Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não havendo pendências ético-documentais considera-se o projeto apto à execução.

#### Considerações Finais a critério do CEP:

Prezado (a) Pesquisador (a),

Este é seu parecer final de aprovação, vinculado ao Comitê de Ética em Pesquisas Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina. É sua responsabilidade imprimi-lo para apresentação aos órgãos e/ou instituições pertinentes.

Coordenação CEP/UEL.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1065225.pdf	04/05/2018 12:34:59		Aceito
Outros	Carta_resposta_parecer_CEP_Futebol_2018.pdf	04/05/2018 12:33:59	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Final_Futebol_2018_CorrigidoCEP.pdf	04/05/2018 12:33:30	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Projeto_Futebol_2018_CorrigidoCEP.pdf	04/05/2018 12:33:10	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	Declaracao_Responsabilidade_Guarda_Uso_Banco_dados.pdf	19/03/2018 21:51:51	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_concordancia_Anuencia_2018.pdf	19/03/2018 21:50:30	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_concordancia_Analise_sangue_2018.pdf	19/03/2018 21:42:20	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório /	Declaracao_Responsabilidade_Uso_Banco_Material_Biologico_Humano.pdf	19/03/2018 21:39:55	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito

Endereço: LABEBC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

CEP: 86.057-970

UF: PR Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-5455

E-mail: cep268@uel.br



Centro de Ética em  
Pesquisa Envolvendo  
Serem Humanos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 2.850.232

Biobanco	Declaracao_Responsabilidade_Uso_Banco_Material_Biologico_Humano.pdf	19/03/2018 21:39:55	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_autorizacao_Projeto_Futebol_2018.pdf	19/03/2018 21:38:19	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_Confidencialidade_Sigilo_2018.pdf	19/03/2018 21:04:15	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
Folha de Rosto	FR_Projeto_Futebol_2018.pdf	19/03/2018 21:02:27	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

LONDRINA, 11 de Maio de 2018

Assinado por:

Alexandrina Aparecida Maciel Cardelli  
(Coordenador)

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

CEP: 86.057-970

UF: PR

Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-5455

E-mail: cep268@uel.br